

Міністерство освіти і науки України
Національна Академія наук України
Академія технологічних наук України
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки, Україна
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія
Військова дослідницька лабораторія США, м. Аделфі, США
Інститут оборони ім. С.Лазарова, м.Софія, Болгарія
Технічний університет Лодзі, Польща
Технічний університет м. Рига, Латвія
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського»
Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка
Черкаський державний технологічний університет
Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБАЕС) НАН України
Національний університет «Чернігівська політехніка»

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
МОДС 2021**

**ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

28 червня – 01 липня 2021 р., Україна, м. Чернігів

Тези доповідей



**Чернігів
2021**

УДК 004.94(063)
М34

Друкується за рішенням вченої ради Національного університету «Чернігівська політехніка» (протокол № 6 від 30.06.2021).

Редакційна колегія:

Казимир В. В., д.т.н., професор, НУ "Чернігівська політехніка";
Базилевич В. М., к.е.н., доцент, НУ "Чернігівська політехніка";
Войцеховська М. М., д.ф., НУ "Чернігівська політехніка";
Логінов О. В., аспірант, НУ "Чернігівська політехніка";
Хропатий О. М., аспірант, НУ "Чернігівська політехніка".

Математичне та імітаційне моделювання систем.
М34 МОДС 2021 : тези доповідей Шістнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (28 червня – 01 липня 2021 р., м. Чернігів) / М-во освіти і науки України ; Нац. Акад. наук України ; Академія технологічних наук України ; Інженерна академія України та ін. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 148 с.

ISBN 978-617-7932-20-7

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2021”. У доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем із використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)

ISBN 978-617-7932-20-7

© Національний університет
«Чернігівська політехніка», 2021

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ ТА ГЕОЛОГІЇ

- D.V. Lande, O.O. Dmytrenko**
RESEARCH OF TOPOLOGICAL PROPERTIES OF NETWORK
REFLECTIONS OBTAINED USING DIFFERENT ALGORITHMS
FOR SCANNING INITIAL NETWORKS..... 10
- V.G. Sandrakov, A. L. Hulianytskyi**
HOMOGENIZATION METHODS FOR MODELING PROCESSES
OF DIFFUSION AND FILTRATION IN POROUS MEDIA 12
- N.D. Pankratova, V.A. Pankratov**
MODELING OF SCENARIOS FOR DEVELOPMENT PLANNING
OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURE FOR LARGE CITIES IN
CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND MULTIFACTORIAL
RISKS..... 15
- Й. Гелетей, К. Глухов, О. Чобаль, Н. Попович, В. Різак**
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АДСОРБЦІЇ АДЕНІНУ НА
ПОВЕРХНІ (110) РУТИЛУ 19
- О. Пилипенко, Р. Беженар, С. Ківва, М. Железняк**
ВПРОВАДЖЕННЯ ГІДРОМОДУЛЯ СИСТЕМИ RODOS ДЛЯ
ОЦІНКИ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ДЛЯ
СЦЕНАРІЇВ АВАРІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЧОК І МОРЯ
НОВОЮ АЕС В ПОЛЬЩІ..... 21
- Р.В. Беженар, В.С. Мадерич, К.В. Терлецька**
РОЗРАХУНОК ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ ВІД
СПОЖИВАННЯ МОРЕПРОДУКТІВ У РЕЗУЛЬТАТІ
МАЙБУТЬОГО СПУСКУ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНОЇ
ВОДИ З РЕЗЕРВУАРІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕС ФУКУСИМА-1..... 24

СЕКЦІЯ 2

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ

- V.Y. Petrivskiy, V.L. Shevchenko, O.S. Bychkov, O.I. Pokotylo**
MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES OF COVERAGE
OF THE TERRITORY BY SENSORS WITH ENERGY
CONSUMPTION OPTIMIZATION 30
- А. В. Кондратьєв, О. В. Гайдачук, А. А. Царіцинський,
Т. П. Набокiна**
МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ
НА ОСНОВІ ПРЕПРЕГІВ..... 33
- В.В. Кулик**
ВИРОБНИЧА ІНФРАСТРУКТУРА І КРИТЕРІЇ
ЇЇ КРИТИЧНОСТІ..... 36

СЕКЦІЯ 3

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

- Alyoshin S., Haitan O.**
NEURAL NETWORK SUPPORT OF PULSE OXIOMETRY UNDER
CONDITIONS OF UNCERTAINTY 44
- Inna V. Stetsenko, Vladyslav V. Palii**
OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS ON ROAD
SECTION BASED ON INCOMING DATA FROM CAMERAS 46
- О.М. Khropatyi**
MODELING OF A QUEUING SYSTEM BASED ON CEN
NETWORK IN GPSS WORLD SOFTWARE ENVIRONMENT 48
- S.B. Prykhodko, N.V. Prykhodko**
A MODIFIED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTING NONLINEAR
REGRESSION MODELS BASED ON THE MULTIVARIATE
NORMALIZING TRANSFORMATIONS AND PREDICTION
INTERVALS..... 53

| | |
|---|----|
| V. V. Palii, I. V. Stetsenko TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS OPTIMIZATION BASED ON ROAD SECTION SIMULATION | 56 |
| V.V. Shevchenko, D.S. Berestov, I.P. Sinitsyn, M.G. Brazhenenko MODELING THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF STUDENTS AS A MODEL FOR THE DISSEMINATION OF INFORMATION IN SOCIETY | 57 |
| Zaslavskiy Alexandr, Karpenko Oleh POLEHROGNOSTIC MODEL OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT | 61 |
| Агієнко М.Ю., Неруш К.Ю., Трунова О.В. АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОСУВАННЯ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ САЙТУ КАФЕДРИ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ | 64 |
| Голуб С.В., Куницька С.Ю. АГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОНИТОРИНГОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ..... | 67 |
| І.В. Стеценко, В. В. Севрцев ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ БАГАТОРЯДНОГО АЛГОРИТМУ НА ОСНОВІ МГУА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ..... | 70 |
| К. В. Хурцилава, С. Я. Майстренко, Т. О. Донцов-Загреба ОСОБЛИВОСТІ СЕКЦІОНУВАННЯ У POSTGRESQL НА ПРИКЛАДІ БАЗИ ДАНИХ СИСТЕМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ | 75 |
| Ковальов Д.І., Волошин О.Ф. АВТОМАТИЧНА ГЕНЕРАЦІЯ НАВЧАЛЬНИХ ТЕСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОЇ ОБРОБКИ ПРИРОДНО- МОВНИХ ТЕКСТІВ..... | 79 |
| Л.В. Халанчук, С.В. Чопоров ЕЛІПТИЧНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ СІТКИ ПОВЕРХНІ | 82 |

| | |
|---|-----|
| М. Т. Дехтярук, В. М. Черевик ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ВІДНОСНИМ ПРІОРИТЕТОМ ОБСЛУГОВУВАННЯ | 86 |
| О.І. Лактіонов ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ Й ВІДБОРУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ..... | 90 |
| О.М. Хошаба, В.Ф. Гречанинов, А.В. Лопушанський, К.С. Завертайло ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ФОРМУВАННЯ ВУЗЬКИХ МІСЦЬ У БАЛАНСУВАЛЬНИКА НАВАНТАЖЕННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ..... | 93 |
| Оксанич І.М., Гречанинов В.Ф., Лопушанський А.В. УДОСКОНАЛЕННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ МОДЕЛІ ЕКОСИСТЕМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ | 96 |
| Р. Івашенко ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ КІБЕРАТАК..... | 100 |
| Ровник О.С., Трунова О.В. МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ФІГУР..... | 104 |
| С.В. Костенко, В.А. Литвинов ІМІТАЦІЙНИЙ МОДЕЛЮЮЧИЙ КОМПЛЕКС ОЦІНКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДО УКРАЇНОМОВНИХ СЛІВ. | 107 |
| С. Я. Майстренко, К. В. Хурцилава, Т. О. Донцов-Загреба АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПОРТУ ГЕОДАНИХ POSTGRESQL У SHAPE-ФАЙЛИ ESRI В СИСТЕМАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ | 111 |

Фокін К.М., Руднєв Д.Я., Трунова О.В.
ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ
ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФІГУР..... 114

Ю.Г. Пилипенко, Т.К. Єременко
ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ
ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ СИТУАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ ... 116

СЕКЦІЯ 4

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗРАЗКІВ ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**А.Г. Козир, Д.В. Зройчиков, Д.М. Шабанов, Л.А. Зозуля,
В.Г. Шапоренко**
АНАЛІЗ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ
З ОЦІНКИ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАНЬ
ОБЛАДНАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 122

**С.П. Корнієнко, І.В. Корнієнко, В.А. Дмитрієв,
А.Г. Павленко, Д.О. Камак**
МАРКІВСЬКА МОДЕЛЬ ПІДГОТОВЧОГО ЕТАПУ
ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОСННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ..... 126

СЕКЦІЯ 5

СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ

**S.K. Chernov, S.D. Titov, Ludmila S. Chernova,
Lubava S. Chernova, V.M. Piperska**
THE INSTRUMENTAL METHODS AND MEANS FOR
IMPROVING THE EFFICIENCY OF LINEAR OPTIMIZATION
PROBLEMS SOLUTION IN PROJECT MANAGEMENT 132

V.M. Gorbachuk, S.O. Gavrilenko, G.V. Golotsukov, D.I. Nikolenko
THE DIGITAL TOOLS FOR DECENTRALIZED PATENT
ACCOUNTING AND MANAGEMENT 135

О.В. Нестеренко, І.Є. Нетесін
МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-
АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ В АДМІНІСТРАТИВНОМУ
УПРАВЛІННІ 139

Силенок О.Ю., Фургайлов О.А., Білоус І.В.
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ
“CHILIST SOFTWARE” 142

СЕКЦІЯ 1
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ
ТА ГЕОЛОГІЇ

RESEARCH OF TOPOLOGICAL PROPERTIES OF NETWORK REFLECTIONS OBTAINED USING DIFFERENT ALGORITHMS FOR SCANNING INITIAL NETWORKS

D. V. Lande^{1,2}, O. O. Dmytrenko^{1,2}

¹Institute for Information Recording of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Recently, more and more scientific papers have appeared on the study of huge dimension information networks. Not only the content of such networks but also the structure (nodes and connections) can be methodically attributed to the category of Big Data.

In practice, it turns out that it is impossible to cover some network in full by common methods. In such cases, special algorithms are used. Due to the past development of so-called peer-to-peer networks, algorithms such as the Breadth-first Search (BFS) method, the Random Breadth-first Search (RBFS) method, the Intelligent Search Mechanism (ISM) method, the Depth-first Search (DFS), the Dijkstra's algorithm, the Floyd-Worshell algorithm, the Bellman-Ford algorithm, the finding connection points and bridges in a graph, etc [1]. Using these algorithms, some researchers draw conclusions about the topology of networks, in particular co-authorship networks [2]. But it was found that mentioned above models do not always display the real network topology.

For modelling, as an example, three artefact networks namely, Barabási-Albert [3], Erdős-Reny [4] networks are investigated. To build reflections of networks and further research the dependence of the network characteristics of the obtained reflections of networks on the network characteristics of the initial networks besides the different number of scanning steps, three proposed scanning algorithms, which implement the following principles are also used: 1) the transition to the node according to the PageRank algorithm [5]; 2) the transition to the node with the largest value of PageRank; 3) the transition to the node with the largest value of degree.

The network obtained as a result of using the Barabási-Albert model was used for the research. The graph corresponding to the generated network consists of 200 vertices randomly connected by 398 edges (each new node attached to the network was connected to the existing one only using the 1 edge). Also, to research the dependence of the network characteristics of the

reflections on the number of scanning steps as an initial network was used a network built using the Erdős-Renyi model. The graph corresponding to the generated network consists of 200 vertices randomly connected by 428 edges (the probability for edge creation is 0.01).

Fig. 1 shows the reflections (highlighted in bold) of the initial Barabási-Albert and Erdős-Renyi networks, which were obtained using 50 scanning steps, which in turn were made on the principle of random walking, i.e. on the principle that uses the common PageRank algorithm. Fig. 1 also presents the degree distribution of the nodes of the obtained network reflections. The degree distribution of the nodes of the obtained reflections at least asymptotically follows a power law. While the initial Erdős-Renyi network has a Poisson degree distribution.

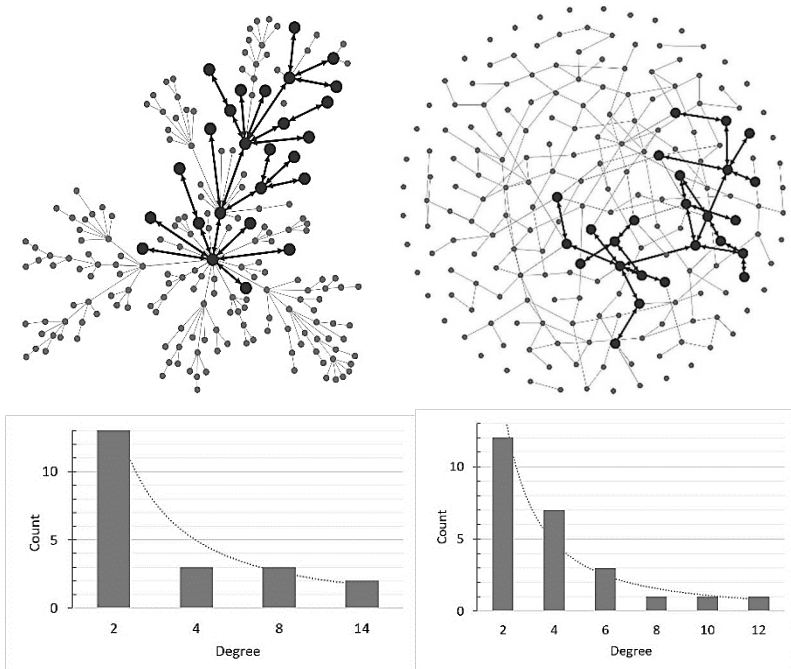


Fig. 1. The reflections of the initial networks built using the PageRank algorithm, and the degree distribution of the obtained network reflections

In general, the experimentally obtained characteristics of the reflections of networks depending on the characteristics of the initial networks, the scanning algorithms and the number of scanning steps are presented. Also, based

on the data obtained by computational experiments, it was shown that almost all reflections of the initial networks that built using the model Barabási-Albert and Erdős-Rényi, and also using a limited number of scanning steps and the different scanning algorithms have a power-law degree distribution.

Literature

1. Snarskii A. A., Lande D. V.: Modeling of complex networks: tutorial. K.: Engineering (2015). ISBN 978-966-2344-44-8U.S.
2. Newman, M. E.: Finding community structure in networks using the eigenvectors of matrices. *Physical review E*, 74(3), 036104 (2006).
3. Barabási, A. L., & Albert, R.: Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512 (1999).
4. Erdős, P., Rényi, A.: On Random Graphs. I. *Publicationes Mathematicae*, 6, 290–297 (1959).
5. Page, L., Brin, S., Motwani, R., Winograd, T.: The PageRank citation ranking: Bringing or-der to the web. Stanford InfoLab (1999).

UDC 517.9

HOMOGENIZATION METHODS FOR MODELING PROCESSES OF DIFFUSION AND FILTRATION IN POROUS MEDIA

V. G. Sandrakov, A. L. Hulianytskyi

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

Homogenization methods for modeling of dynamic processes of diffusion and filtration of liquids will be discussed. Mathematical modeling of the processes in porous media is actual when planning the use of underground resources, development of methods for preventing technogenic contamination of groundwater and the search for ways to purify such waters from contamination. Research of such processes engineering methods of observation are expensive and practically impossible, due to the need to install a large number of sensors on large territories and different depths to study the dynamics of fluid movement in a real porous environment. So the simulation is the only one the possibility of forecasting and possible optimization of methods for rational water extraction, purification and prevention of groundwater contamination.

In order to simulate diffusion and filtration processes in porous media, it is natural to first choose some model of such a medium. Porous media with a periodic structure are simulated most simply, since to describe such media it

is sufficient to determine only the structure of the periodicity cell and then continue such a cell in a periodic manner with suitable periods. Porous periodic media formed by a large number of blocks with low permeability, and separated by a connected system of faults with high permeability will consider. It is natural to call the porous media *weakly porous*.

Such models for equations depending on one or more small parameters and periodic coefficients were investigated in [1–4]. Further generalizations of methods for studying these models for problems of diffusion and filtration of liquids are given in [5–7]. In these papers, homogenized initial boundary value problems in convolutions were obtained, the solutions of which approximate the solutions of the original initial boundary value problem for weakly porous media, and accuracy estimates of the approximations and statements on the solvability of the homogenized problems were proved. In mechanics and physics, such problems in convolutions are usually called dynamic problems *with memory effects* [8].

Another approach to simulate diffusion and filtration processes in periodic porous media is presented, for example, in [9], where statements on the two-scale convergence of solutions to solutions of two-scale homogenized problems are proved. Such two-scale homogenized problems depend on two fast and slow variables and the type of such equations is not clear. Also, the accuracy of the approximations is not clear in this case. Further details on this approach and bibliography can also be found in [9].

The results of [1–7] were obtained under the assumption that the initial data are regular enough and the initial conditions are homogeneous. The solvability of such homogenized problems in convolutions with irregular initial data will be discussed here. These results for the problems are new. The properties of solutions to such problems are close to the properties of solutions to problems of variable orders, further details and a bibliography can be found in [10].

The homogenized convolution problem for the function $v = v(t, x)$ is the following

$$\begin{aligned} v'_t - m * (v'_t) - \Delta v &= f - m * f \quad \text{in } \Omega \times (0, \infty), \\ v|_{t=0} &= 0 \quad \text{in } \Omega, \quad v = 0 \quad \text{on } \partial\Omega \times (0, \infty), \end{aligned} \tag{1}$$

where Ω is a bounded domain, $m = m(t)$ is an element of the space $L^1(0, \infty)$, which is defined by a solution of some cell problem according with [1–7], and $*$ denotes the convolution operator by t , for example,

$$m * (v'_t) = \int_0^t m(t - \tau)(v'_t(\tau, x))d\tau.$$

The main result on the solvability and regularity of a solution to problem (1) is the following statement.

Theorem. For every $f \in L^2(0, \infty; H^{-1}(\Omega))$ and $w \in L^2(\Omega)$ the unique solution $v \in L^2(0, \infty; H_0^1(\Omega))$ to problem (1) exists and there is such positive constant C that

$$\begin{aligned} & \|v\|_{L^2(0, \infty; H_0^1(\Omega))} + \|v'_t\|_{L^2(0, \infty; H^{-1}(\Omega))} \leq \\ & \leq C \|f\|_{L^2(0, \infty; H^{-1}(\Omega))} + C \|w\|_{L^2(\Omega)} \end{aligned}$$

and $v \in C^0(0, T; L^2(\Omega))$ for fixed positive T

Here spaces of functions are used, the definitions of which are given, for example, in [8]. In order to prove the solvability of homogenized problems with memory, we use the Laplace transform method developed in [11] to study parabolic problems of general type and a priori energy estimates. The statement on the solvability and regularity is actual for the numerical solution of problem (1) with guaranteed accuracy.

Literature

1. Sandrakov G. V. The homogenization of nonstationary equations with contrast coefficients // Doklady Mathematics, V. 56:1, P. 586–589, 1997.
2. Sandrakov G. V. The homogenization of nonstationary problems in the theory of strongly nonuniform elastic media // Doklady Mathematics, V. 57:1, P. 54–57, 1998.
3. Sandrakov G. V. The averaging of dynamic problems in the theory of elasticity with strongly varying coefficients // Doklady Mathematics, V. 58:2, P. 238–241, 1998.
4. Sandrakov G. V. Homogenization of parabolic equations with contrasting coefficients // Izvestiya: Mathematics, V. 63:5, P. 1015–1061, 1999.
5. Sandrakov G. V. Homogenization of elasticity equations with contrasting coefficients // Sbornik Mathematics, V. 190:12, P. 1749–1806, 1999.
6. Sandrakov G. V. Multiphase models of nonstationary diffusion arising from homogenization // Computational Math. and Math. Physics, V. 44:10, P. 1741–1756, 2004.

7. Sandrakov G. V. Multiphase homogenized diffusion models for problems with several parameters // *Izvestiya Mathematics*, V. 71:6, P. 1193–1252, 2007.

8. Duvaut G., Lions J.-L. *Les inequations en mecanique et en physique* // Paris: Dunod 1972.

9. Jager W., Rannacher R., Warnatz J. (Eds.) *Reactive Flows, Diffusion and Transport. From Experiments via Mathematical Modeling to Numerical Simulation and Optimization* // Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2007.

10. Hulianytskyi A. L. Weak solvability of the variable-order subdiffusion equation // *Fractional Calculus and Applied Analysis*, V. 23:3, P. 920–934, 2020.

11. Agranovich M. S., Vishik M. I. Elliptic problems with a parameter and parabolic problems of general type // *Russian Math. Surveys*, V. 19:3, P. 53–157, 1964.

UDC 303.732.4:681.5.015

MODELING OF SCENARIOS FOR DEVELOPMENT PLANNING OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURE FOR LARGE CITIES IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND MULTIFACTORIAL RISKS

N. D. Pankratova, V. A. Pankratov

*Institute for Applied System Analysis,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute*

One of the characteristic features of the modern world is the growth of metropolises, the expansion of infrastructure and the growth of their population. Regulation of the urban development with the purpose of increasing ecological standards and life safety in constantly growing metropolises is one of the most urgent, though insufficiently researched and difficult world problems [1,2]. It leads to the search of new places to production facilities, social and other objects of human activity. The space of megacities created by man in the process of underground construction becomes a new, underground habitat, which should be comfortable and safe for humans.

Underground urban planning is a complex system in many aspects. Firstly, this system consists of many interconnected subsystems and objects. Secondly, the processes occurring in this system during construction and during operation are also complex and in some cases poorly predictable, because they are largely associated with various geological processes. The problems

that accompany underground urban development can be attributed to poorly structured problems.

Modeling of scenarios for development planning of underground infrastructure of large cities in conditions of uncertainty and multifactorial risks is based on cognitive modelling. In the study of the problem at the first stage the cognitive map in the form of a sign oriented graph and a functional graph in the form of a weighted sign digraph are created. At the second stage of cognitive modelling, to study the properties of the cognitive model, methods of analysis of structural stability and resistance to disturbances, methods of analysis of model connectivity (simplicial analysis), and graph theory methods are used [3]. At the third stage of cognitive modelling, to determine the possible development of processes in a complex system and to create the scenario development, an impulse process model (simulation of disturbance propagation on cognitive models) is used, which allows to create the scenarios of development in the process of dynamics and to propose a scientifically based strategy for implementing the priority scenario [4].

Let us consider cognitive model development of Natural-technical geosystem. Table 1 presents data on the vertices (concepts) of the hierarchical cognitive model without reference to a specific territory, in a generalized form. We used generalizing concepts (indicators, factors), independent of the specifics, which can be disclosed and taken into account in the future when developing the lower levels of the hierarchical model.

Table 1. The vertices of the hierarchical cognitive map “Natural-technical geosystem”

| Code | Vertex explanation | Vertex assignment |
|-------------|--|--------------------------|
| $I-V_{11}$ | The viability of the underground urban development | Indicative |
| $I-V_{13}$ | Disasters, extreme and emergency situations | Perturbing |
| $I-V_{15}$ | Environmental risks | Perturbing |
| $I-V_{16}$ | Economic risks | Perturbing |
| $I-V_5$ | Genetic type and lithological composition of soils | Basic |
| V_1 | Mountain and hydrostatic pressure, seismic impact | Basic |

| | | |
|----------|---|------------|
| V_2 | Surface Load Static Load Index | Basic |
| V_3 | The indicator of the static load of the surrounding soil massif | Basic |
| V_4 | Existing underground facilities | Disturbing |
| V_6 | Estimated soil resistance | Basic |
| V_7 | Aquifers and High Water | Disturbing |
| V_8 | Relief Type and Morphometry | Basic |
| V_9 | Engineering and geological processes | Disturbing |
| V_{10} | Mining construction technologies | Regulating |
| V_{12} | The level of comfort of work and rest during the construction and operation of underground structures | Indicative |
| V_{14} | Construction, operational, management risks | Disturbing |
| V_{17} | Staff qualifications | Regulating |
| V_{18} | Industrial Safety | Basic |
| V_{19} | Quality and construction time | Regulating |

We present the simulation results of one scenario. Assume that construction, operational, management risks can be reduced. In this case, the impulse actions initiate 6 vertices of the model and the synergistic effect of their joint action is investigated. The modelling of this scenario of the situations development on the model is carried out in order to determine whether it is necessary or not to strengthen the impact on the system to achieve good indicators.

Control actions of scenario

$$q_9 = +1, q_{10} = +1, q_{17} = +1, q_{19} = +1, q_{13} = +1, q_{14} = -1,$$

the perturbation vector

$$Q = \{q_1 = 0, \dots, q_9 = +1, q_{10} = +1, \dots, q_{13} = +1, q_{14} = -1, \dots, q_{17} = +1, \dots, q_{19} = +1\}$$

The results of pulse modelling are presented in and Fig. 1a for vertices $I - V_{13}$, V_9 , V_{10} , V_{17} , V_{19} and Fig. 1b for vertices V_{12} , V_{14} , V_{15} , V_{16} , V_{18} , $I - V_{11}$. Analysis of the simulation results of scenario simulating the possibility of reducing construction, operational, management risks showed the following. The combined positive impact of six factors on the system leads to the possibility of the appearance of desirable trends in situations throughout the system. So, there are tendencies of improvement (growth) of the underground urban

development viability, the level of comfort, work and rest during the construction and operation of underground structures, industrial safety while reducing all types of risk and reducing disasters, extreme and emergency situations. The modelling of scenarios for the analyzed complex system is carried out under the influence of various internal and external disturbances and control impulse effects. The developed methodology and tools made it possible to combine the assessment of the impacts and relationships of geological factors, technogenic and structural-functional types for the study of the underground objects construction. The developed tools allows in the process of pulse modelling and analysis of the obtained results to introduce control or exciting actions at any stage of modelling. This allows to change (correct) scenarios in the dynamics of creating a model, to determine the effects that bring the processes closer to the desired. The developed methodology and tools made it possible to combine the assessment of the impacts and relationships of geological factors, technogenic and structural-functional types for the study of the underground objects construction.

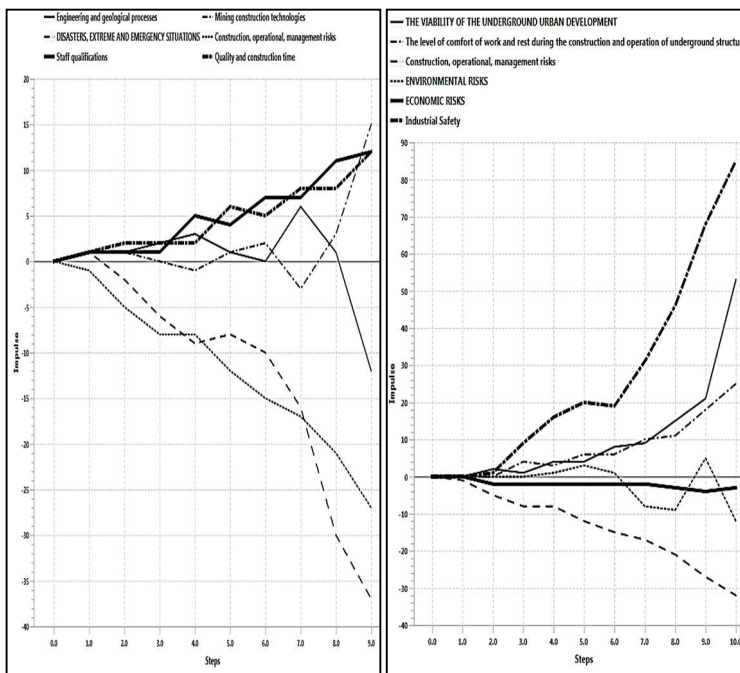


Fig. 1a. Graphs of pulsed processes **Fig. 1b.** Graphs of pulsed processes

Literature

1. World Urbanization Prospects 2018: Highlights. United Nations. New York (2019) <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>.
2. Pankratova N.D., Haiko H.I., Savchenko I.O. Development of urban underground studies as a system of alternative project configurations: Monograph. – Kyiv. Naukova dumka. 2020.
3. Innovative development of socio-economic systems based on foresight and cognitive modelling methodologies In editors Gorelova G.V., Pankratova N.D. Kyiv, Naukova Dumka. 2015.
4. Roberts FGraph Theory and its Applications to Problems of Society, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia. 1978.

УДК 539.211: 577.33

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АДСОРБЦІЇ АДЕНІНУ НА ПОВЕРХНІ (110) РУТИЛУ

Й. Гелетей, К. Глухов, О. Чобаль, Н. Попович, В. Різак

Ужгородський національний університет, Україна

TiO₂ викликає особливий інтерес завдяки своїм багатofункціональним властивостям та існуванню двох легких в отриманні, кінетично стабільних поліморфів. Одним із таких поліморфів є рутил. Даний матеріал, як магнітний напівпровідник із великою шириною забороненої зони, протягом останніх десятиліть був предметом значних досліджень щодо застосування як функціонального оксиду для фотокаталізу та розрідженого магнетизму. Завдяки своїм властивостям рутил широко використовується в медицині в якості основного матеріалу для виготовлення медичних протезів, однак є дослідження, що вказують на негативний вплив даної речовини на структуру ДНК [1–3]. Таким чином, метою даного дослідження є встановлення механізмів взаємодії рутилової поверхні з молекулами азотистих основ на прикладі молекули аденіну (C₅H₅N₅).

Для дослідження процесів адсорбції аденіну на поверхні (110) рутилу використано модельний кластер TiO₂ у формі паралелепіпеду розмірами 23x26x30 Å, що містить близько 1200 атомів. Попередньо була проведена реконструкція поверхні кластера рутила зі збереженням 2D періодичності, а також повна релаксація геометрії молекули аденіну.

При наближенні молекули до поверхні також виконувалась оптимізація геометрії всієї системи. Розрахунки енергії та оптимізацію геометрії створеної моделі проведено самоузгодженим методом функціоналу електронної густини в наближенні сильного зв'язку (SCC-DFTB), що реалізований згідно методики [4, 5] з параметрами Слетера-Костера для всіх парних взаємодій. Для дослідження процесів адсорбції аденіну на поверхні рутилу скоординовану на атомі Ті молекулу $C_5H_5N_5$ розміщено над поверхнею кластеру TiO_2 на початковій відстані 3 Å.

Із результатів розрахунків випливає, що в умовах оптимізації геометрії розглядуваний кластер TiO_2 залишається стабільним і зберігає ознаки кристалічності, які відповідають просторовій будові оксиду титану у формі рутилу. Розраховано повну густину електронних станів TiO_2 , що добре узгоджується з результатами теоретичних розрахунків та експериментальних досліджень, а також встановлено парціальні вклади s-, p- d-атомних станів кисню і титану у формування електронної густини. Оцінено енергію адсорбції в залежності від просторової орієнтації молекули аденіну над поверхнею рутилу.

Література

1. Shi, Z., Niu, Y., Wang, Q., Shi, L., Guo, H., Liu, Y., Zhu, Y., Liu, S., Liu, C., Chen, X., Zhang, R., Hazard, J. (2015), "Reduction of DNA damage induced by titanium dioxide nanoparticles through Nrf2 in vitro and in vivo" *Journal of Hazardous Materials* No 298, pp. 310–319.
2. Sekar, D., Falcioni, M. L., Barucca, G., Falcioni, G. (2014), "DNA damage and repair following in vitro exposure to two different forms of titanium dioxide nanoparticles on trout erythrocyte" *Environ, Toxicol*, No 29, pp.17-27.
3. Barta, A., Popovych, N., Popovych, A., Tsud, N., Duchon, T., Veltruska, K., Bercha, S., Khalakhan, I., Gazova, Z., Matolin, V., Rizak, V. XPS investigation of adenine thin film on titanium oxide surfaces, *Sci. Herald of Uzhhorod University. Ser. Physics* 39 (2016) 36-44 (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.24144/2415-8038.2016.39.36-43>.
4. *J. Chem. Phys.* 152, 124101 (2020); <https://doi.org/10.1063/1.5143190>.
5. Gemming, Sibylle, Enyashin, Andrey N., Frenzel, Johannes and Seifert, Gotthard. "Adsorption of nucleotides on the rutile (110) surface" *International Journal of Materials Research*, vol. 101, no. 6, 2010, pp. 758-764. <https://doi.org/10.3139/146.110337>.

ВПРОВАДЖЕННЯ ГІДРОМОДУЛЯ СИСТЕМИ RODOS ДЛЯ ОЦІНКИ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ДЛЯ СЦЕНАРІЇВ АВАРІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ РІЧОК І МОРЯ НОВОЮ АЕС В ПОЛЬЩІ

О. Пилипенко*, Р. Беженар*, С. Ківва*, М. Железняк**

**Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

***Інститут радіоактивності навколишнього середовища, Японія*

Сучасні концепції забезпечення радіаційної безпеки ґрунтуються не лише на розробці та впровадженні механізмів попередження катастроф, але і на оцінці ризиків виникнення та важкості наслідків тієї чи іншої надзвичайної ситуації. Такі оцінки включають в себе розрахунок можливих наслідків викиду шляхом моделювання процесів переносу радіонуклідів у навколишньому середовищі. Результати оцінок можуть бути використані для вибору найбільш безпечних технологічних параметрів та місця розташування майбутніх АЕС. Дана робота присвячена розрахунку переносу радіонуклідів у водних системах та розрахунку пов'язаних з цим доз для гіпотетичного викиду на майбутній АЕС в Польщі для двох можливих локалізацій положення АЕС поблизу озера Жарновець із використанням водного модуля системи підтримки прийняття рішень RODOS-HDM [1].

У рамках роботи було розглянуто перенос радіонуклідів у водних об'єктах поблизу гіпотетичних локалізацій АЕС – озеро Жарновець, річка П'ясниця разом з її притоками, та Балтійське море. Дози від вживання річкової води було розраховано для 19 населених пунктів, що знаходяться в безпосередній близькості від річкової системи П'ясниця та озера Жарновець. Область моделювання показано на рис. 1-2. Для розгляду було обрано чотири основних нукліди – Sr-90, Cs-137, Cs-134, I-131. Аналіз показав, що інші нукліди, викид яких можливий при аваріях на сучасних моделях реакторів, не дадуть значного внеску за рахунок малого періоду напіврозпаду або малого вмісту у джерелі викиду. Для моделювання переносу радіонуклідів водними шляхами було використовуються наступні моделі водного модуля RODOS-HDM:

- Двовимірна модель змиву з водозбору RETRACE.
- Одновимірна гідродинамічна модель RIVTOX.
- Двовимірна гідродинамічна модель COASTOX.

- Модель розрахунку доз від розчинених радіонуклідів FDMA.
- Камерна тривимірна модель переносу радіонуклідів та пов'язаних доз POSEIDON [2].

Крім того, в якості вхідних даних були використані результати моделювання атмосферного переносу модулем LSMC. В системі RODOS ці моделі об'єднано в ланцюги – кожна наступна модель ланцюга використовує результати попередньої в якості вхідних даних. В ході роботи було використано три модельних ланцюги:

1. LSMC->RETRACE->RIVTOX->FDMA – для розрахунку переносу нуклідів та оцінки доз в річкових системах.
2. LSMC->RETRACE->RIVTOX->POSEIDON – для розрахунку переносу нуклідів та оцінки доз в Балтійському морі
3. LSMC->COASTOX->RIVTOX->FDMA – для точного моделювання переносу радіонуклідів в озері Жарновець.

Було розглянуто 3 сценарії атмосферних випадень, розрахованих на основі історичних метеорологічних даних. Сценарії умовно розподілені за інтенсивністю викиду біля водних об'єктів на максимальний, мінімальний та проміжний.

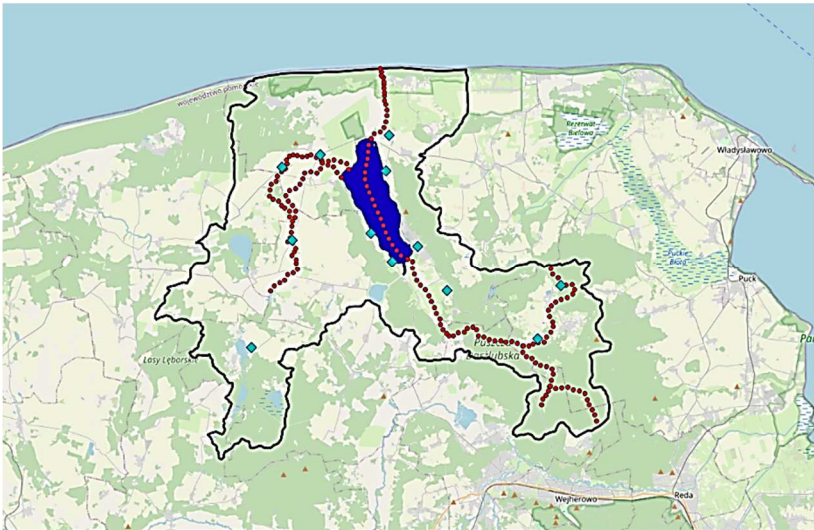


Рис. 1. Область моделювання: басейн р. П'ясниця. Червоні точки – обчислювальна сітка моделі RIVTOX, синій полігон – озеро Жарновець. Контуром показано водозбір ріки. Населені пункти, для яких розраховуються дози, позначено синіми ромбами.

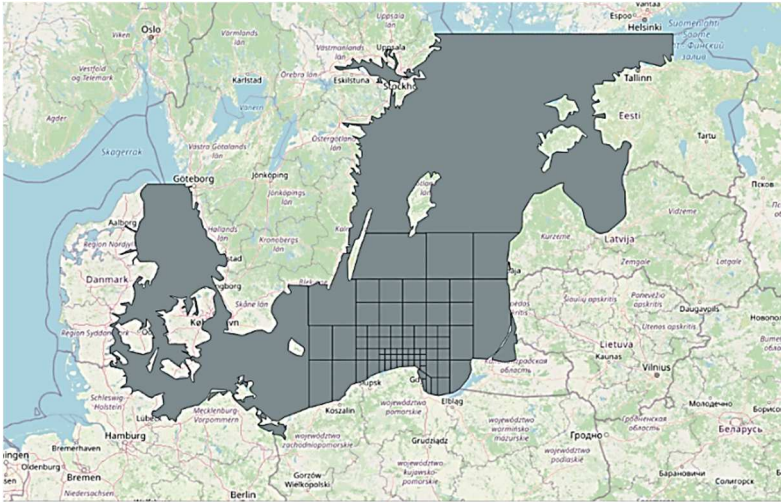


Рис. 2. Область моделювання: Балтійське море. Розбивка області на розрахункові елементи моделі POSEIDON. Синім показані елементи з декількома вертикальними шарами.

Розраховані моделлю RIVTOX концентрації стронцію та цезію в річкової системі р. П'яниця для максимального сценарію сягають початкових максимумів порядку 10^2 Бк/м³, йоду – порядку 10^4 Бк/м³. В продовж двох місяців після викиду концентрації стронцію та цезію спадають на один-два, йоду – на три-чотири порядки. Накопичені колективні дози за три роки, розраховані для населених пунктів моделлю FDMA на основі отриманих концентрацій, знаходяться в інтервалі 0.1 – 7 мЗв*люд для цезію і стронцію та 1-20 мЗв*люд для йоду. Близько 90% колективної дози від йоду накопичується за перший місяць після викиду. Накопичені індивідуальні дози за три роки для нуклідів у Балтійському морі, розраховані за допомогою моделі POSEIDON, становлять 10^{-4} – 10^{-8} мЗв.

Окремо було розглянуто динаміку радіонуклідів в озері Жарновець. Внаслідок значного розміру водойми до 90% нуклідів потрапляє на поверхню озера під час прямого викиду, і лише 10% – через змив із водозбору. В той же час стандартна модель розрахунку змиву RETRACE не дає можливості враховувати процес прямого викиду, що змусило модифікувати модель. Для верифікації роботи модифікованої моделі RETRACE-M було виконано розрахунок переносу в озері Жарновець за допомогою двовимірної моделі COASTOX. Розрахунки показали, що

результати моделювання переносу моделлю COASTOX та ланцюгом RETRACE-M->RIVTOX добре узгоджуються між собою. Коректне врахування прямого викиду на поверхню озера Жарновець призводить до підвищення розрахованих накопичених колективних доз за три роки для населених пунктів біля озера до рівня 10-30 мЗв*люд.

Література

1. Zheleznyak M., Kivva S., Ievdin I., Boyko O., Kolomiets P., Sorokin M., Mikhalskyi O., Gheorghiu D. (2016) Hydrological Dispersion Module of JRODOS: renewed chain of the emergency response models of radionuclide dispersion through watersheds and rivers. Radioprotection, 1-4, pp. 129-131.
2. Maderich V., Bezhenar R., Tateda Y., Aoyama M., Tsumune D., Jung K.T., de With G. The POSEIDON-R compartment model for the prediction of transport and fate of radionuclides in the marine environment. MethodsX, Vol. 5, pp. 1251-1266.

УДК 539.16.04

РОЗРАХУНОК ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ ВІД СПОЖИВАННЯ МОРЕПРОДУКТІВ У РЕЗУЛЬТАТІ МАЙБУТНЬОГО СПУСКУ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНОЇ ВОДИ З РЕЗЕРВУАРІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕС ФУКУСІМА-1

Р. В. Беженар, В. С. Мадерич, К. В. Терлецька

Інститут проблем математичних машин і систем, Україна

Аварія на АЕС Фукусіма-1 спричинила неконтрольований витік значної кількості радіонуклідів у морське середовище у 2011 році. Для запобігання додатковому витоку радіоактивно забрудненої води, яка використовувалась для охолодження перегрітих реакторів, а також ґрунтових вод, що постійно викачувались з будівлі реактора, на території АЕС були споруджені великі резервуари для її зберігання. На тепер ці резервуари вже майже заповнені і немає місця для встановлення нових. У квітні 2021 року урядом Японії було прийнято рішення про поступовий спуск радіоактивно забрудненої води з резервуарів у морське середовище, починаючи з 2022 року. Варто відмітити, що управляюча компанія ТЕРСО проводила очищення води, проте жодна система очистки не здатна вилучити всі радіонукліди. Крім очищення, концентрація

радіонуклідів у резервуарах зменшувалась за рахунок процесу радіоактивного розпаду. За 10 років, які пройшли після аварії, всі радіонукліди з коротким періодом напіврозпаду вже розпалися.

Згідно з роботою [1], основними радіонуклідами в резервуарах на даний момент є ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{106}Ru , ^{125}Sb , ^{129}I , ^{134}Cs і ^{137}Cs . Кожен з них характеризується періодом напіврозпаду $T_{1/2}$, коефіцієнтом розподілу K_d , що відображає рівноважне співвідношення між концентраціями адсорбованого зваженими у воді частинками і розчиненого радіонукліду, дозовим коефіцієнтом DC і здатністю накопичуватися у морських організмах. Значення основних параметрів цих 10 радіонуклідів представлені у Табл. 1. Також там наведена оцінка сумарної активності кожного радіонукліду у резервуарах, яка розраховувалась як добуток середньої концентрації з [1] на загальний об'єм води в резервуарах, що на кінець 2020 року складав 1,2 млн м³. З Табл. 1 видно, що кількість тритію (^3H) в резервуарах значно перевищує кількість інших радіонуклідів. Але це не означає, що тритій матиме найбільший внесок в дозу опромінення людини. Метою даної роботи було визначити яку максимальну дозу може отримати людина від споживання морепродуктів у результаті спуску радіоактивно забрудненої води з резервуарів у морське середовище, а також внесок кожного радіонукліду в цю дозу.

Таблиця 1. Основні параметри радіонуклідів та їхня сумарна активність у резервуарах.

| Радіонуклід | $T_{1/2}$, р | K_d , м ³ кг ⁻¹ | DC , Зв Бк ⁻¹ | Сумарна активність, Бк |
|-------------------|---------------|--|-------------------------------|------------------------|
| ^3H | 12,3 | 0,001 | $1,8\oplus 10^{-11}$ | $1,0\oplus 10^{15}$ |
| ^{14}C | 5730 | 1,0 | $5,8\oplus 10^{-10}$ | $8,4\oplus 10^{10}$ |
| ^{60}Co | 5,27 | 300 | $3,4\oplus 10^{-9}$ | $8,4\oplus 10^8$ |
| ^{90}Sr | 28,8 | 0,008 | $2,8\oplus 10^{-8}$ | $1,1\oplus 10^9$ |
| ^{99}Tc | 211 100 | 0,1 | $6,4\oplus 10^{-10}$ | $7,2\oplus 10^9$ |
| ^{106}Ru | 1,02 | 40 | $7,0\oplus 10^{-9}$ | $2,4\oplus 10^9$ |
| ^{125}Sb | 2,76 | 4,0 | $1,1\oplus 10^{-9}$ | $1,0\oplus 10^9$ |
| ^{129}I | 15 700 000 | 0,07 | $1,1\oplus 10^{-7}$ | $7,2\oplus 10^9$ |
| ^{134}Cs | 2,06 | 2,0 | $1,9\oplus 10^{-8}$ | $2,4\oplus 10^8$ |
| ^{137}Cs | 30,2 | 2,0 | $1,3\oplus 10^{-8}$ | $8,4\oplus 10^8$ |

Для моделювання використовувалась камерна модель POSEIDON-R [2]. В ній морське середовище описується як система камер, з'єднаних між собою. В кожній камері моделюються процеси адсорбції радіонуклідів зваженими у воді частинками та їхнє осідання на дно. Перенос розчинених радіонуклідів між камерами описується потоками

води, що відповідають течіям і описують процеси адвекції і дифузії. Накопичення радіонуклідів у морських організмах розраховується за допомогою динамічної моделі, в якій всі організми формують пелагічний і придонний трофічні ланцюжки [3].

В роботі використовувалась система камер для північно-західної частини Тихого океану з деталізацією навколо АЕС Фукусіма-1, згідно з [4]. Дана система включає 188 камер, які покривають Жовте, Японське, Східно-Китайське моря та східне узбережжя Японії. З метою оцінки максимальних концентрацій і доз опромінення людини дана система камер була доповнена прибережною камерою розміром 4×4 км навколо АЕС Фукусіма-1 (рис. 1). Для опису вертикальної структури розподілу активності в області моделювання камери були поділені на три вертикальних шари. Мілководні камери з одним поверхневим шаром глибиною до 200 м позначені світлими прямокутниками на рис. 1, камери з двома поверхневими шарами глибиною від 200 м до 1000 м – вертикальними полосами, а глибоководний камери глибиною понад 1000 м – блакитним кольором.

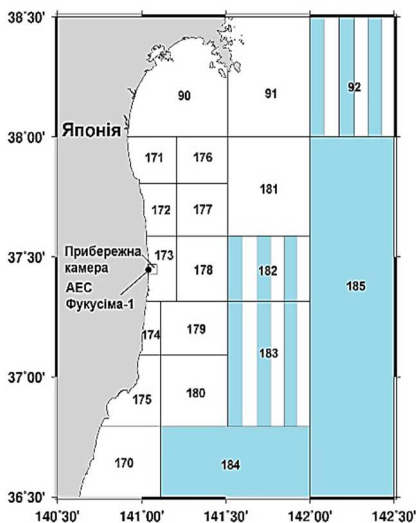


Рис. 1. Система камер навколо АЕС Фукусіма-1

Урядом Японії розглядається сценарій спуску води з резервуарів протягом 10-30 років. Цей проміжок часу є цілком достатнім для встановлення рівноважної концентрації радіонуклідів у морському середовищі. Тому моделювання проводилося для одиничного витoku 1 Бк/р кожного радіонукліду. Отримані результати можна масштабувати для будь-якої величини витoku за умови, що витік буде тривати достатньо довго для формування рівноважних умов.

На основі отриманих у результаті моделювання концентрацій радіонуклідів у морських організмах були розраховані дози опромінення людини від їхнього споживання за формулою

$$D_i = DC_i \left(\sum_{f=1}^5 C_{f,i} CR_f \right), \quad (1)$$

де D_i – річна доза від i -го радіонукліда за рахунок споживання 5 категорій (f) морських організмів: пелагічної і придонної риби, моллюсків, ракоподібних і водоростей; DC_i – дозовий коефіцієнт для i -го радіонукліда (див. Табл. 1); $C_{f,i}$ – розраховані концентрації i -го радіонукліда в морепродуктах типу f ; CR_f – річна величина споживання (кг р¹) морепродуктів типу f . Згідно з даними [5], середній рівень споживання морепродуктів у Японії, беручи до уваги лише внутрішнє споживання, складає 13 кг пелагічної риби, 7,3 кг придонної риби, 7,1 кг ракоподібних, 6,4 кг моллюсків і 3,7 кг водоростей за рік.

Для розрахунку загальної дози опромінення людини кожним радіонуклідом від споживання морепродуктів, дози, отримані для одничного витоку, масштабувалися на загальну кількість радіонуклідів у резервуарах (див. Табл. 1). Як видно з рис. 2, основний внесок в дозу можна очікувати від ¹²⁹I і ¹⁴C. При цьому сумарна доза від усіх радіонуклідів для прибережної камери становитиме близько 10 мкЗв, що в 100 разів менше граничних значень. Щоб отримати щорічну дозу, загальну дозу необхідно поділити на кількість років, протягом яких відбуватиметься спуск радіоактивно забрудненої води з резервуарів на території АЕС Фукусіма-1 у морське середовище.

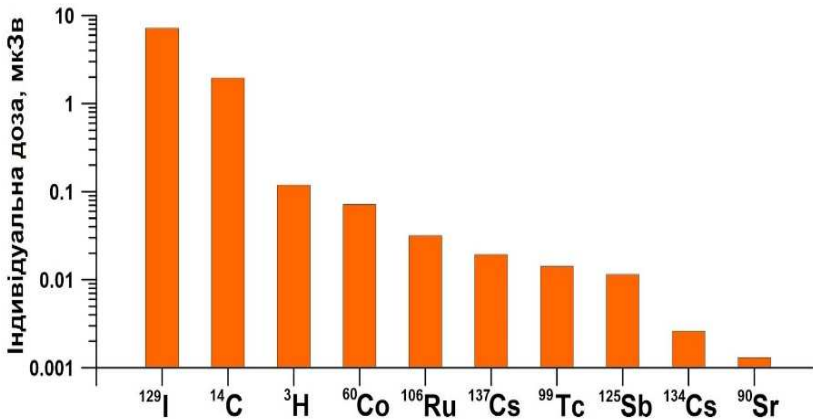


Рис. 2. Розраховані загальні дози опромінення людини кожним радіонуклідом від споживання морепродуктів з прибережної камери у результаті спуску радіоактивно забрудненої води з резервуарів на території АЕС Фукусіма-1 у морське середовище

Література

1. Buessler K. O. Opening the floodgates at Fukushima. Tritium is not the only radioisotope of concern for stored contaminated water // *Science*, 2020. – Vol. 369 (6504). – P. 621-622.
2. Maderich V., Bezhenar R., Tateda Y., Aoyama M., Tsumune D., Jung K.T., de With G. The POSEIDON-R compartment model for the prediction of transport and fate of radionuclides in the marine environment // *MethodsX*, 2018. – Vol. 5. – P. 1251-1266.
3. Bezhenar R., Jung K.T., Maderich V., Willemsen S., de With G., Qiao F. Transfer of radiocaesium from contaminated bottom sediments to marine organisms through benthic food chain in post-Fukushima and post-Chernobyl periods // *Biogeosciences*, 2016 – Vol. 13. – P. 3021-3034.
4. Maderich V., Bezhenar R., Tateda Y., Aoyama M., Tsumune D. Similarities and differences of ¹³⁷Cs distributions in the marine environments of the Baltic and Black seas and off the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant in model assessments // *Marine Pollution Bulletin*, 2018. – Vol. 135. – P. 895-906.
5. FAO (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН), 2021. Інтернет-ресурс, режим доступу <http://www.fao.org/fishery/facp/JPN/en>.

СЕКЦІЯ 2
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ

MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES OF COVERAGE OF THE TERRITORY BY SENSORS WITH ENERGY CONSUMPTION OPTIMIZATION

V. Y. Petrivskiy¹, V. L. Shevchenko¹, O. S. Bychkov¹, O. I. Pokotylo²

¹*Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

²*National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy,
Ukraine*

Nowadays, sensors take great part in all areas of human activities due to a number of advantages: mobility, size, autonomy, mobility [1, 2]. Sensors are also used to perform a number of tasks related to the collection and processing of information [3], among which the common task is monitoring. This task means optimal territory coverage by a given number of sensors with appropriate characteristics finding [4]. In the work [5] present the optimal strategy for placing sensors to monitor the environment using wireless sensor networks. Optimization of sensor placement using gradient descent and probabilistic coverage is presented in paper [6]. In turn, in manuscript [7] the approach of reduction of energy consumption of the sensor network by regulation of sensor coverage areas is presented. It is also necessary to take into account the possibility of intersection of the sensor coverage areas.

Suppose we have a set of sensors $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ with following parameters:

$$s_i = s_i(x_i, y_i, r_i, Bc_i), \quad (1)$$

where x_i, y_i – sensor's coordinates, r_i – sensor's coverage radius, Bc_i – volume of the sensor's battery, n – number of sensors.

Also, each sensor has own battery consumption. According to [8] we will calculate sensor's energy consumption, mark it as E_i , per unit of time in the next way:

$$E_i = r_i^2, \quad (2)$$

where r_i – i -sensors coverage radius, $i = \overline{1, n}$, n – number of sensors.

The problem is to cover given territory by sensors with minimum energy consumption. For solving described problem let modify well known knapsack optimization problem [9] in the next way:

$$\sum_{i=1}^n x_i r_i^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \pi r_i^2 \geq T_s, \quad (4)$$

$$x_i \in \{0,1\} \text{ or } x_i \in \{0, 1, 2, \dots, m_i\}, \quad (5)$$

where r_i – i -sensors coverage radius, m_i – available count of i -sensors, T_s – square of territory.

In case when constraints (5) have $x_i \in \{0,1\}$ form we get 0-1 optimization problem. In other case we get bounded optimization problem. The solution of the optimization problem (3)-(5) is vector $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ elements of which are count of sensors each type that should be taken for territory coverage.

Taking into account possibility of sensors intersection let introduce intersection parameter c , meaning of which can be illustrated in the next way (Fig. 1):

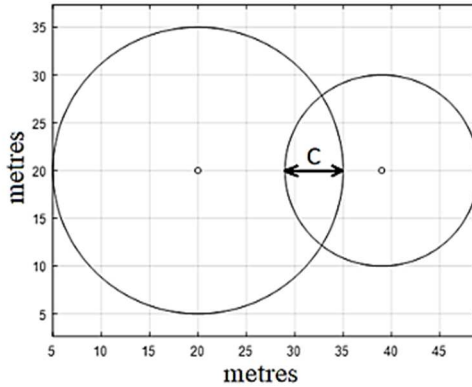


Fig. 1. Intersection parameter c .

In case of sensors intersection territory coverage with energy consumption optimization problem can be formulated as multicriterial optimization problem:

$$\begin{cases} E(r, c) \rightarrow \min \\ Z(r, c) \rightarrow \min \end{cases} \quad (6)$$

By using parameter convolution method present minimization sensors' energy consumption during maximizing territory coverage problem in the next way:

$$F(r, c) = \alpha_1 Z(r, c) + \alpha_2 E(r, c) \rightarrow \min, \quad (7)$$

$$0 \leq r \leq r^{max}, \quad (8)$$

$$c_{min} \leq c \leq r^{max}, \quad (9)$$

$$0 \leq \alpha_1 \leq 1, \alpha_2 = 1 - \alpha_1, \quad (10)$$

where r – coverage radius, c – intersection level, c_{min} – minimum available intersection value, α_1 and α_2 – expert estimates of parameters.

The solution of the (7)-(10) problem will be pair of the optimal coverage radius r and intersection level c with using of which minimization energy consumption with coverage maximization is achieved.

In the moveable sensors case optimization achieved by changing sensors' movement direction per each time period according to Bellman's principle. Appropriate software has client-server architecture. Every time period sensors send requests to the server that consists of sensor's id, coordinates, priority (pw1, pw2) and previous (pd) directions. The server send response that has sensor's id, movement direction and stop flag. All messages have json format. In case when there is no request or response during limited time the sensor remains in the same position. The request-response example presented in the Table 1.

Table 1. Request-response example.

| Request | Response |
|--|--|
| <pre>{ "id": 1; "x": 54.8; "y": 36; "pr1": 2; "pw2": 8; "pd": 5; }</pre> | <pre>{ "id": 1; "direction": 2; "stop": false; }</pre> |

Literature

1. Pandey, M., Mishra, G.: Types of Sensors and Their Applications, Advantages, and Disadvantages, Emerging Technologies in Data Mining and Information Security. In: Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 791-804. Springer, Singapore (2019).
2. Michalaki, P., Quddus, M., Pitfield, D., Mageean, M., Huetson, A.: A Sensor-based System for Monitoring Hard-shoulder Incursions: Review of Technologies and Selection Criteria. In: MATEC Web of Conferences, vol. 81, pp. 1-8 (2016).
3. Argyriou, A.: Data Collection from Resource-Limited Wireless Sensors for Cloud-Based Applications. In: 2015 IEEE Global Communications Conference (2015).
4. Dorozhynskiy, O.: Geomantyka v monitoryngu dovkillya ta ocinci zagro-zlyvyh ssytuacii: monografiia [Geomatics in environmental monitoring and threat assessment]. Lviv Polytechnic National University, Lviv (2016).
5. Castello, C., Fan, J., Davari, A., Chen, R.-X.: Optimal sensor placement strategy for environmental monitoring using Wireless Sensor Networks. In Proceedings of the Annual Southeastern Symposium on System Theory, pp. 275-279 (2010).

6. Akbarzadeh, V., Levesque, J., Gagne, C., Parize, M.: Efficient sensor placement optimization using gradient descent and probabilistic coverage. *Sensors (Basel)* 8(14) (2014).

7. Petrivskiy, V., Shevchenko, V., Bychkov, O., Brazhenenko, M.: Information technology of the increasing sensors term of use considering their movement. In: *IEEE 16-th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, pp. 86-89. Lviv Polytechnic National University, Lviv (2020).

8. Bouguera, T., Diouris, J.-F., Chaillout, J.-J., Jaouadi, R., Andrieux, G.: Energy Consumption Model for Sensor Nodes Based on LoRa and LoRaWAN. In: *Sensors 2018*, vol. 18 (2104), pp. 64-87 (2018).

9. Jianhui, L., Xingwei, W., Min, H., Hui, Ch., Fuliang, L.: Solving 0-1 knapsack problem by greedy degree and expectation efficiency. *Applied Soft Computing* 41, pp. 94-103 (2015).

УДК 678.5.067

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ ПРЕПРЕГІВ

А. В. Кондратьєв

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова, Україна*

О. В. Гайдачук

Технологічний університет Нінбо, КНР

А. А. Царіцинський

*Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«ХАІ», Україна*

Т. П. Набокіна

*Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«ХАІ», Україна*

Унікальна сукупність властивостей полімерних композиційних матеріалів відкриває широкі можливості як для вдосконалення існуючих [1], так і для розробки нових конструкцій і технологічних процесів [2]. Основним завданням процесу формування композитного виробу є встановлення

оптимального співвідношення між технологічними параметрами, що забезпечують регламентовану якість виробу при мінімальних енергетичних витратах [3]. У зв'язку з цим, виникає необхідність моделювання процесу формування, що б описувало фізико-хімічні процеси, які відбуваються в полімерному композиційному матеріалі, що формується.

Розроблено новий метод дослідження основних технологічних параметрів процесу формування композитних виробів на основі препрегів. Метод дозволив теоретично розрахувати для конкретних сполучних і армуючих матеріалів оптимальні температурно-часову діаграму і залежність тиску формування від часу.

Запропоновано поділ в'язкості сполучного на фізичну і хімічну складові. Фізична складова виключає наявність хімічних перетворень і залежить тільки від температури. Хімічна пов'язана з хімічними перетвореннями і є функцією температури і часу. Дійсна в'язкість в процесі формування $\mu(t)$ є сумою фізичної $\mu_{ph}(t)$ і хімічної $\mu_c(t, \tau)$ складових (рис. 1):

$$\mu(t, \tau) = \mu_{ph}(t) + \mu_c(t, \tau) \quad (1)$$

Запропоновано методику експериментального визначення мінімальної сумарної в'язкості сполучного від температури і часу.

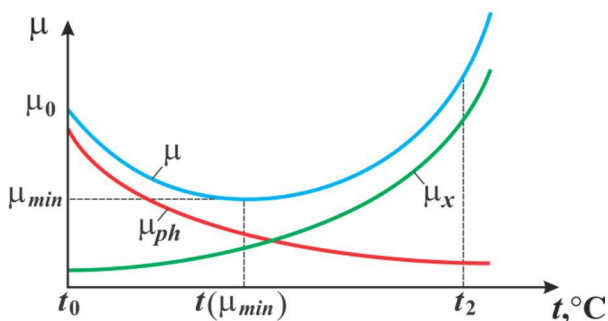
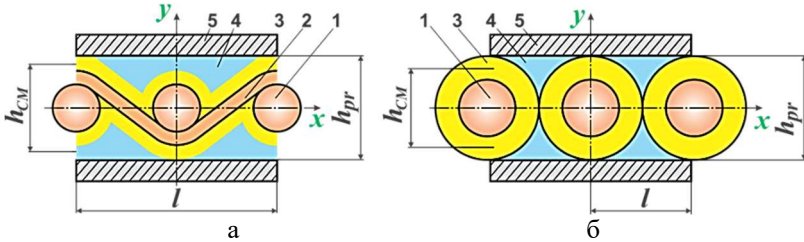


Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості сполучного від температури в момент часу $\tau = \text{const}$ від початку процесу формування

Отримала подальший розвиток математична модель заповнення сполучною із заданою в'язкістю через міжволоконний простір армуючого матеріалу [4]. Прийнято, що в процесі формування плити (жорстка цулага) 5 під дією зовнішнього тиску p будуть переміщатися з деякою швидкістю v_0 до тих пір, поки не заповняться всі порожнечі 4 сполучною 3. Це відповідає зміні висоти h від товщини препрега h_{pr} до товщини моношару полімерного матеріалу h_{cm} (рис. 2).



1 – поперечні волокна; 2 – поздовжні волокна; 3 – шар сполучного;
4 – порожнечі; 5 – кулага

Рис. 2. Структура препрега в пакеті полімерного матеріалу:

а – на основі плетеної тканини; б – на основі односпрямованої стрічки

Показано, що в процесі формування сполучне в препрезі є твердо-в'язким середовищем Кельвіна-Фохта, що містить пружну складову в фізичному законі [4]:

$$\mu(t, \tau) \dot{\varepsilon} + E_b(t, \tau) \varepsilon = \sigma(t, \tau), \quad (2)$$

де ε і $\dot{\varepsilon}$ – деформація та швидкість її зміни від $\tau(t)$; $E_b(t, \tau)$ – миттєвий модуль пружності сполучного в препрезі.

Проведено оцінювання внеску пружною складовою в отриманому рівнянні (2). Наприклад, для препрега на основі склотканини Т-10-80 і сполучного ЕДТ 69Н модуль пружності моношару полімерного матеріалу $E_{CM}(t_0)=1.8$ ГПа; модуль пружності препрега $E_{pr}=1.5$ ГПа; модуль пружності сполучного полімерного матеріалу $E_{bCM}=0.8$ ГПа. Тоді при об'ємному вмісту сполучного $\theta_b=0.4$ $E_{pr}(t_0)=8.05$ ГПа, тобто у всьому часовому інтервалі другий член в (2) превалює над першим. Це свідчить про відсутність текучості сполучного на першому етапі формування і, отже, неможливості заповнення пор в препрезі. На другому етапі (близько 30 хв. і більше) $E_{bpr}(t, \tau) \rightarrow 0$ і стає правомочним розгляд процесу формування в рамках моделі ідеально в'язкого середовища Ньютона [5].

Виведено аналітичну залежність тиску автоклавного формування від в'язкості, геометричних параметрів виробу, що формується, препрега, моношару полімерного композиційного матеріалу і часу формування.

Показано, що діючий вздовж горизонтальних каналі тиск в армованому матеріалі завжди вище автоклавного. Це сприяє більш повному видаленню повітряних бульбашок і заповненню пустот сполучним, що забезпечує високу якість формування композитного виробу.

Отримані результати дозволяють оптимізувати основні стадії температурно-часової діаграми циклу формування композитного виробу, що забезпечить мінімізацію енергетичних витрат на її виготовлення.

Література

1. Slyvynskyi V. I., Sanin A. F., Kharchenko M. E., Kondratyev A. V. Thermally and dimensionally stable structures of carbon-carbon laminated composites for space applications // Proceedings Of The International Astronautical Congress, IAC 65. – Our World Needs Space, 2014. – Vol. 8. – P. 5739 – 5751.
2. Budelmann D., Schmidt C., Meiners D. Prepreg tack: a review of mechanisms, measurement, and manufacturing implication // Polymer composites. – 2020. – Vol. 41, Iss. 9. – P. 3440 – 3458. doi:10.1002.pc.25642
3. Baran I., Cinar K., Ersoy N., Remko Akkerman, Jesper H. Hattel A review on the mechanical modeling of composite manufacturing processes // Archives of computational methods in engineering. – 2017. – No. 24. – P. 365 – 395. doi:10.1007/s11831-016-9167-2
4. Гайдачук В. Е., Сидоренкова М. А. Выбор оптимального давления при формовании конструкций из полимерных композиционных материалов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – 1997. – С. 8 – 12.
5. Campbell F.C. Manufacturing processes for advanced composites. – Elsevier Scienc, 2004. – 532 p.

УДК 338.24

ВИРОБНИЧА ІНФРАСТРУКТУРА І КРИТЕРІЇ ЇЇ КРИТИЧНОСТІ

В. В. Кулик

ДННУ «Академія фінансового управління», Україна

Конкурентоспроможність національної економіки прямо залежить від якісного узгодження процесів економічного циклу, і перш за все на етапі виробництва.

Процеси виробництва в національній економіці описує відома модель Леонтьєва (модель «витрати-випуск»):

$$X = AX + Y, X \geq 0,$$

де X – випуск, AX – проміжне споживання, Y – кінцевий продукт, A – матриця прямих витрат.

Водночас модель характеризує й виробничу інфраструктуру національної економіки – інші етапи економічного циклу пов'язані з виробничою діяльністю (попит, пропозицію, утворення доходу), і відповідно

циклічність формування кінцевого продукту, галузеві особливості виробничих витрат та утворюваних доходів й ін.

Модель є частиною системи національних рахунків [1], зокрема консолідованих рахунків, рахунків виробництва, рахунків інституційних секторів, регіональних рахунків, а, отже, за різними ознаками і ступенем деталізації описує виробничий процес. Ця особливість уможлиблює провести параметризацію моделі та досліджувати особливості відтворення конкретної економіки. Також модель характеризує економічний кругообіг, ідентифікує потоки [2, с.12], що встановлюються «виробниками» і «споживачами» кінцевого продукту (ВВП).

Виробнича інфраструктура економіки досліджена в роботах М.Кубоніви [3], П.Стецюка [4, 5], О.Ястремського [6], Н.Оленева [7] й ін.

Критерії критичності виробничої структури впливають із моделі і стосуються: 1) витрат, пов'язаних із виробничою діяльністю /коефіцієнти Брауера-Солоу/, 2) загальними витратами економіки /число Фробеніуса/, 3) галузевою дохідністю, включаючи рівень національної економіки (коефіцієнти доданої вартості), 4) структури галузевого виробництва, що визначається власне галузевою структурою попиту, галузевою структурою кінцевого продукту та ін.

Різні ступені агрегації моделі, зокрема агрегування до однієї галузі та трьох галузей, дають загальне уявлення про особливості виробничої інфраструктури тієї чи іншої національної економіки.

На основі національних статистичних даних підготовлено агреговані три-галузеві таблиці витрати-випуск (ТВВ) в основних цінах для Великобританії, Німеччини, Японії та України (табл.1-4). Виділено первинний (I, агросектор), вторинний (II, промисловість) та третинний (III, послуги) сектори згідно класифікації [8, с.527]. Випуск одночасно характеризує сукупний попит, сукупну пропозицію та обсяги виробництва в розрізі секторів. Аналогічно ВВП, представлений в моделі як *кінцевий продукт*, характеризує обсяг спожитих кінцевих товарів (ВВП¹), доходи отримані в результаті виробництва (ВВП²) та розподіл факторних доходів (ВВП³).

Таблиця 1. ТВВ в основних цінах. Великобританія, 2018р., млн. £.

| | I | II | III | © | ВВП ¹ | Випуск |
|--------------------|-------|---------|---------|----------------|------------------|----------------|
| I | 5630 | 18912 | 686 | 25228 | 7542 | 32770 |
| II | 10346 | 540768 | 283378 | 834492 | 226266 | 1060758 |
| III | 4609 | 112888 | 761002 | 878499 | 1676439 | 2554938 |
| © | 20585 | 672568 | 1045066 | 1738219 | 1910247 | 3648466 |
| ВВП ^{2,3} | 12185 | 388190 | 1509872 | 1910247 | | |
| Випуск | 32770 | 1060758 | 2554938 | 3648466 | | |

Джерело: Підготовлено на основі [9].

Таблиця 2. ТВВ в основних цінах. Німеччина, 2017р., млрд. €.

| | I | II | III | © | ВВП ¹ | Випуск |
|--------------------|------|--------|--------|--------|------------------|--------|
| I | 9,5 | 47,1 | 3,5 | 60,1 | 37,3 | 97,5 |
| II | 11,3 | 1149,8 | 254,3 | 1415,4 | 2063,4 | 3478,8 |
| III | 14,6 | 481,5 | 1179,9 | 1676 | 2166,6 | 3842,6 |
| © | 35,4 | 1678,4 | 1437,7 | 3151,5 | 4267,3 | 7418,9 |
| ВВП ^{2,3} | 62,1 | 1800,4 | 2404,9 | 4267,4 | | |
| Випуск | 97,5 | 3478,8 | 3842,6 | 7418,9 | | |

Джерело: Підготовлено на основі [10].

Таблиця 3. ТВВ в основних цінах. Японія, 2015р., 100 млн. ¥.

| | I | II | III | © | ВВП ¹ | Випуск |
|--------------------|--------|---------|---------|----------|------------------|----------|
| I | 15667 | 82118 | 15319 | 113104 | 15772 | 128876 |
| II | 31279 | 1848905 | 601955 | 2482139 | 1454591 | 3936730 |
| III | 20509 | 569703 | 1510342 | 2100554 | 4012024 | 6112578 |
| © | 67455 | 2500726 | 2127616 | 4695797 | 5482387 | 10178184 |
| ВВП ^{2,3} | 61421 | 1436004 | 3984962 | 5482387 | | |
| Випуск | 128876 | 3936730 | 6112578 | 10178184 | | |

Джерело: Підготовлено на основі [11].

Таблиця 4. ТВВ в основних цінах. Україна, 2018р., млн. ₴.

| | I | II | III | © | ВВП ¹ | Випуск |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|------------------|---------|
| I | 223200 | 179858 | 46482 | 449540 | 422431 | 871971 |
| II | 185904 | 1789457 | 489229 | 2464590 | 851490 | 3316080 |
| III | 88370 | 495708 | 905107 | 1489185 | 1816233 | 3305418 |
| © | 497474 | 2465023 | 1440818 | 4403315 | 3090154 | 7493469 |
| ВВП ^{2,3} | 374497 | 851057 | 1864600 | 3090154 | | |
| Випуск | 871971 | 3316080 | 3305418 | 7493469 | | |

Джерело: Підготовлено на основі [12].

Модель Леонтьєва розглянемо в рамках галузевого рахунку виробництва, тобто ТВВ, де ресурсом є випуск (X), а використання містить проміжне споживання (AX) та створену вартість (Y). Прямі витрати (матриця A) і частка доданої вартості у випуску характеризують ефективність виробничої структури та її потенціал.

Похідні обчислення на основі ТВВ дозволяють визначити критичні параметри виробничої структури: 1) випуск в розрізі секторів (табл.5); 2) ВВП

за категоріями кінцевого попиту в розрізі секторів (табл.6); 3) ВВП як результат процесу виробництва (табл.7); 4) коефіцієнти доданої вартості в розрізі секторів та по економіці в цілому (табл.8); 5) коефіцієнти Брауера-Солоу (табл.9); 6) вектор та число Фробеніуса (табл.10), які є важливими показниками для формування магістральних моделей та темпів росту й ін.

Найкращу ефективність виробництва має Німеччина (число Фробеніуса 0,4205), найгіршу Україна (0,6401). Коефіцієнт Брауера-Солоу для економіки і число Фробеніуса (табл.9-10) загалом корелюють між собою характеризуючи ступінь витратності економіки. Обчислення вектора і числа Фробеніуса для досліджуваних країн проведено на основі степеневого методу [7, с.17]. Детальніше динаміка витратності економіки України протягом 2000-2017рр. приведена в [13], де дана динаміка числа Фробеніуса для 19-галузевої ТВВ України.

При застосуванні ТВВ України в цінах споживачів [1, с.150-173] коефіцієнт Брауера-Солоу та число Фробеніуса співпадають і становлять близько 0,60. Тобто така ТВВ є більш надійною для оцінки.

Таблиця 5. Структура Випуску (сукупна пропозиція, сукупний попит)

| | Первинний | Вторинний | Третинний | Всього |
|----------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Великобританія | 0,90% | 29,07% | 70,03% | 100% |
| Німеччина | 1,31% | 46,89% | 51,79% | 100% |
| Японія | 1,27% | 38,68% | 60,06% | 100% |
| Україна | 11,64% | 44,25% | 44,11% | 100% |

Таблиця 6. Структура ВВП¹ (за категоріями кінцевого споживання)

| | Первинний | Вторинний | Третинний | Всього |
|----------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Великобританія | 0,39% | 11,84% | 87,76% | 100% |
| Німеччина | 0,87% | 48,35% | 50,77% | 100% |
| Японія | 0,29% | 26,53% | 73,18% | 100% |
| Україна | 13,67% | 27,55% | 58,77% | 100% |

Таблиця 7. Структура ВВП² (валова додана вартість)

| | Первинний | Вторинний | Третинний | Всього |
|----------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Великобританія | 0,64% | 20,32% | 79,04% | 100% |
| Німеччина | 1,46% | 42,19% | 56,36% | 100% |
| Японія | 1,12% | 26,19% | 72,69% | 100% |
| Україна | 12,12% | 27,54% | 60,34% | 100% |

Таблиця 8. Коефіцієнти доданої вартості

| | Первинний | Вторинний | Третинний | Економіка |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Великобританія | 0,372 | 0,366 | 0,591 | 0,524 |
| Німеччина | 0,637 | 0,518 | 0,626 | 0,575 |
| Японія | 0,477 | 0,365 | 0,652 | 0,539 |
| Україна | 0,429 | 0,257 | 0,564 | 0,412 |

Таблиця 9. Коефіцієнти Брауера-Солоу

| | Первинний | Вторинний | Третинний | Економіка |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Великобританія | 0,628 | 0,634 | 0,409 | 0,476 |
| Німеччина | 0,363 | 0,482 | 0,374 | 0,425 |
| Японія | 0,523 | 0,635 | 0,348 | 0,461 |
| Україна | 0,571 | 0,743 | 0,436 | 0,588 |

Таблиця 10. Вектор Фробеніуса і число Фробеніуса

| | Вектор Фробеніуса | | | Число Фробеніуса |
|----------------|-------------------|-----------|-----------|------------------|
| | Первинний | Вторинний | Третинний | |
| Великобританія | 0,0256 | 0,5699 | 0,2361 | 0,5699 |
| Німеччина | 0,0149 | 0,3285 | 0,4205 | 0,4205 |
| Японія | 0,0287 | 0,5350 | 0,2847 | 0,5350 |
| Україна | 0,1009 | 0,6401 | 0,2891 | 0,6401 |

Пожвавлення економіки потребує активізації виробництва, підтримки і захисту конкуренції, впровадження менш витратних виробничих технологій, розвитку виробництв з вищою доданою вартістю.

Приведений підхід може бути поширений на більш деталізовані ТВВ, проте саме агрегована ТВВ вказує на секторальні особливості формування доходів (ВВП) та напрями їх використання, дохідність та витратність секторів на етапі виробництва й ін.

Висновки. Отже, критичність виробничої інфраструктури характеризують коефіцієнти Брауера-Солоу, число і вектор Фробеніуса, коефіцієнти доданої вартості. Порівняльний аналіз показників вказує, що країни розвинутої ринкової економіки характеризуються більш високою ефективністю виробництва. Для первинних оцінок доцільно використовувати досить агреговані ТВВ.

Література

1. Національні рахунки України за 2019 рік. Статистичний збірник, Державна служба статистики України, Київ, 2021.
2. Малиш Н. Макроекономіка: Навч. посібн. 2-е видан., випр., К. : МАУП, 2004, с. 184.

3. Математическая экономика на персональном компьютере: Пер. с яп. / М. Кубонива, М. Табата, С. Табата, Ю. Хасэбэ; Под ред. М. Кубонива; Под ред. и с предисл. Е. З.Демиденко. М. : Финансы и статистика, 1991. 304 с.
4. Стецок П. И., Эмменеггер Ж.-Ф. Максимальное сингулярное число матрицы и его экономическая интерпретация. Кибернетика и системный анализ. 2014. №3. С.51-57.
5. Стецок П. И., Бондаренко А. В. О спектральных свойствах модели Леонтьева. Теория оптимальных решений. 2011. №10. С.84-90.
6. Ястремський О. І. Ключові та ефективні види економічної діяльності України. Вісник економічної науки України. 2018. №2. С.177-182.
7. Оленев Н. Н. Численные методы в математической экономике : учеб. пособие / Н. Н. Оленёв, Н. К. Обросова. М. : РУДН, 2016. 72 с.
8. European system of accounts — ESA 2010. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2013.
9. 2018 Summary Supply and Use Tables for the United Kingdom. URL: <https://www.ons.gov.uk>.
10. Input-Output-Tabelle der inländischen Produktion und Importe zu Herstellungspreisen 2017 (Revision 2019) in Milliarden Euro. URL: <https://www.destatis.de>.
11. 2015 Input-Output Tables. Portal Site of Official Statistics of Japan. URL: <https://www.e-stat.go.jp>.
12. Таблица «витрати-випуск» України в основних цінах за 2018 рік. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
13. Ястремський О. І., Кулик В. В. Волатильність структури міжгалузевих зв'язків економіки України. Економіка і прогнозування. 2020. №2. С.61-79.

СЕКЦІЯ 3
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

NEURAL NETWORK SUPPORT OF PULSE OXIOMETRY UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Alyoshin S., Haitan O.

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Ukraine*

One of the key indicators of a normally functioning human body is the oxygen saturation of arterial blood. Pulse oximetry is used to define this parameter [1,2].

Pulse oximetry is a process of non-invasive measurement of the oxygen level in a person's blood with the pulse oximeter device. It is considered as normal for a healthy person when the percentage of oxyhemoglobin in the blood is more than 95%. An indicator of 92% and below is usually considered as critical [1-3]. A person with such a low oxygen level in the blood needs urgent medical intervention. Therefore, a high level of measurement accuracy is required objectively. At the same time, the existing pulse oximeters [2] are critical to the application conditions and not always provide the required measurement accuracy. Adverse conditions include the following situations: bright light, moving objects, presence of dyes, temperature drops, presence of carbon monoxide concentration, need for accurate sensor positioning, the exhausted patient state, etc.

To overcome these drawbacks of pulse oximetry, it is proposed to synthesize a neural network model for diagnosing of low oxyhemoglobin based on a combination of concomitant symptoms, which include: dizziness accompanied by headaches; lethargy, drowsiness, weakness; tachycardia; fast and deep breathing; pallor of the skin; chronic fatigue syndrome; sleep disturbance; psycho-emotional inadequacy (anxiety, apathy or aggressiveness); tremor; swelling; lack of coordination.

The existing alphabet of features with the existing set of samples [4] allows reducing the problem of pulse oximetry to class recognizing in the space of nominal features (fig. 1), applying one of the existing decision rules, for example, rule of an ideal observer [4-6].

| | 1 Var1 | 2 Var2 | 3 Var3 | 4 Var4 | 5 Var5 | 6 Var6 | 7 Var7 | 8 Var8 | 9 Var9 | 10 Var10 | 11 NewVar |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Fig. 1. The fragment of the training sample

The problem of modeling the additional channel of the pulse oximeter is formalized by the expression:

$$\sup P(S, X) \text{ at } \delta \leq \delta_0, \quad (1)$$

where $P(S, X)$ is the decision rule for class recognizing S in the feature space X ; $s \in S, S$ is a set of recognizable states of the patient; $x \in X, X$ is a set of input features-symptoms of the subject; δ is model adequacy; δ_0 is admissible error of model training.

The set of input features $X^n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$ together with two classes of network status allows implementing the well-known pattern recognition rule [4]:

$$\omega_g \in \Omega_k, \text{ if } L(\omega, \{\omega_g\}) = \max L(\omega, \{\omega_g\}), \quad (2)$$

$$\vec{X} = (x_1, \dots, x_n) \in X,$$

where $L(\omega, \{\omega_g\})$ is a rule according to which patient status ω_g shall be assigned to the relevant class; $\{\omega\}$ is a network state (1 or 2) in the attribute space (k, l) at all their possible combinations $(\omega_{pk}, \omega_{gl})$.

Experimental research showed a stable convergence of the learning process to minimal errors with the dominance of the symptoms quantity in the observation rows for each class of patient states (fig. 2). In this case, performance and accuracy that are acceptable for practice were experimentally achieved, which allows us to use this network neural model as an additional diagnostic channel that is invariant to interfering factors.

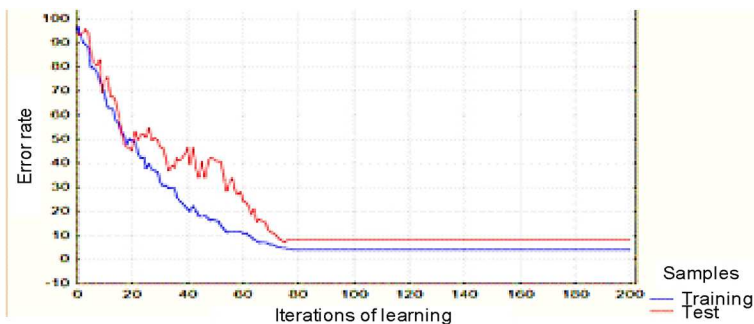


Fig. 2. Dynamics of the iterative process

Instrumentally, the problem is solved on the platform of the existing package of technical analysis data and does not require additional material and financial costs.

Thus, the neural network support for pulse oximetry under conditions of uncertainty is solved by use of the intelligent technologies in the basis of artificial neural networks in the environment of neuroemulator packages and is implemented as an independent application in the main program code of the technical analysis package. The invariance of the diagnostic result to interfering factors is achieved by training the model on a representative sample of retrospective precedents from the history of patient care from the existing database.

References

1. Патологическая физиология экстремальных состояний / под ред. П. Д. Горизонтова, Н. Н. Сиротинина. – М. : «Медицина», 1973. – 383 с.
2. Дыхательная недостаточность: перевод с английского / М. К. Сайкс, М. У. Мак Никол, Э. Дж. М. Кэмпбелл; пер. с англ. В. А. Гологорского. – М. : Медицина, 1974. – 344 с.
3. Диагностические возможности неинвазивного мониторингирования насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом в клинике внутренних болезней / Д. В. Лапицкий [и др.]. – Минск : БГМУ, 2015. – 71 с.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс [2-е изд.] ; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
5. Алешин С. П. Интеллектуальные технологии стратегического менеджмента предприятия в базисе искусственных нейронных сетей / Е. Н. Гайтан, С. П. Алешин // *Modern engineering and innovative technologies*. – 2020. – Issue 14. Part 2. – Pp. 24 – 29.
6. Alyoshin S. P. Neural network support for introscopy of internal structure and properties of the building constructions / S. P. Alyoshin, E. A. Borodina, O. M. Haitan, O. E. Zyma // *Системы управления, навигации и связи*. – 2020. – Т. 3 (61). – С. 69 – 74.

UDC 004.94:519.876.5

OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS ON ROAD SECTION BASED ON INCOMING DATA FROM CAMERAS

Inna V. Stetsenko, Vladyslav V. Paliï

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

The constant grows of cities has resulted in an issue with traffic congestion. Nowadays traffic lights are being regulated manually or by using the

preset mean values of intensity. The purpose of the research is to provide a solution to the problem by developing a system for optimizing traffic control parameters based on constantly changing intensity parameters taken from cameras. Intelligent traffic signal control system using object detection was suggested in work [1]. However, the authors consider improving the traffic conditions only for one intersection.

The system is based on Petri-object simulation [2] and is operating with the objects intersections and crossovers [3]. In this research the usage of genetic algorithm to deal with the traffic control is considered. Such parameters as intensities, green and red lights duration of the intersections, the time spent to drive over intersections or crossovers is used as a set of properties of the candidates in population. A fitness function is measuring the maximum of mean value of car numbers on the intersections.

The scheme of the traffic section used for analysis is shown in the Fig. 1 and consists of six intersections and has seven crossovers to have them connected. Three types of intersections are considered, whereas only one type of crossovers. The time needed to drive through the crossover and time needed to drive through a intersections are being found by using uniform distribution, when time delays of incoming cars is being found by exponential distribution. The green, red and yellow light duration is constant.

Two runs with simulation time set to thirty minutes were performed. First run implemented static intensity based on mean intensity during the simulation time and second run implemented dynamic intensity, which was changing every minute based on incoming data from the cameras, for the crossroad 3. The only difference between the runs was the dynamically changing intensity for the crossroad 3. The resulted fitness function for static intensity run has been obtained 83.74 and for the dynamic intensity it has been obtained 72.28.

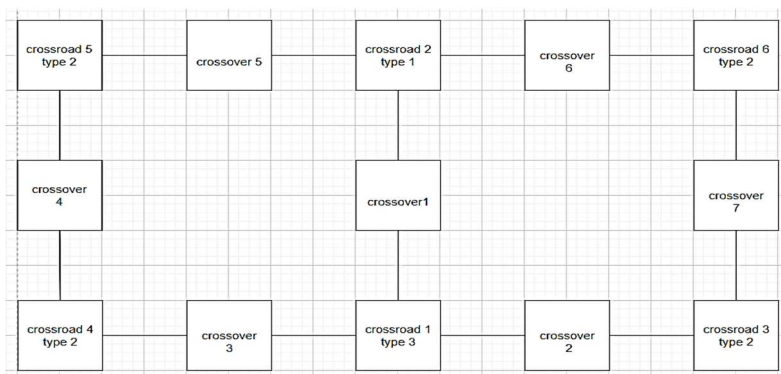


Fig. 1. Scheme of the traffic section

The result of simulation has proved that using static preset intensity parameters based on mean intensity during the specific time period differs from the dynamic one. Although the test run with dynamic intensity was done with only one intensity being changed periodically during the run, it had great impact on the fitness function. Currently there are not many devices that could provide scientists with the information about road section situation therefore only one dynamic parameter was involved. Having stated that, installation of more facilities on intersections leading to getting more parameters, including intensity, for the system to work properly is considered to be a matter of great importance.

References

1. Sin-Chun Ng, Chok-Pang Kwok. An Intelligent Traffic Light System Using Object Detection and Evolutionary Algorithm for Alleviating Traffic Congestion in Hong Kong. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. Vol.13(1), 802-809.

2. Stetsenko I. V., Dyfuchyn A. Petri-object Simulation: Technique and Software. *Information, Computing and Intelligent Systems* 1, 51-59 (2020).

3. Стеценко І. В. Петрі-об'єктна модель системи управління транспортним рухом // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К. : БЕК+, 2011. - № 54. – С.116-125.

UDC 519.876.5

MODELING OF A QUEUING SYSTEM BASED ON CEN NETWORK IN GPSS WORLD SOFTWARE ENVIRONMENT

O. M. Khropatyi

Chernihiv Polytechnic National University

A queuing system (QMS) is any system in which the flow of requirements meets the limited possibilities of their processing [1]. The QMS can perform certain operations on the requirements coming into the system. An element of the system that performs operations on requirements is called a service device or simply a device. Queues may arise within the QMS system. A queue is a set of requests waiting to be serviced when the device is already busy servicing a previous request.

Consider the process of modeling a queuing system based on the task. Suppose we need to simulate the operation of a small system that has one

Control E-Network (CEN), designed for control and management of data (transitions, etc.), and one device that takes the value obtained after that. To simulate the operation of this system, you can take such a unit as a millisecond (ms). This choice was made for clarity and correctness of the results.

We need to define the parameters of the system:

- CEN network load factor;
- device load factor;
- maximum, average and current number of data in each queue;
- average service time (control and management);
- the average time of data in each queue, etc.

Consider the process of building a simulation model of the simplest QMS system by creating and executing simulation models in the GPSS World [2] environment. To facilitate the construction of the simulation model, the process of functioning will take place in a single-channel open system.

Receipt of requirements to the QMS system is modeled by the operator GENERATE, which in the task can be written as: GENERATE (Exponential (1,0,190)).

The field of operand A determines the time interval between the arrival of two requests coming one after another to the service channel. This program uses the built-in exponential distribution function. The average request arrival time is 190 ms, which is the third argument of the Exponential function.

The request is queued for processing. This can be simulated by the QUEUE operator, which only in conjunction with the corresponding DEPART operator collects statistical information about the queue. In the program, the QUEUE statement will look like this: QUEUE CHERGA_NET.

The field of operand A is given the symbolic or numeric name of the queue. This queue task is named CHERGA_NET. This name reflects the essence of the described element of the system - the queue for data to the CEN network [3].

Following the logic of the process, the request can be queued only when the service channel is released. To do this, enter the SEIZE operator, which determines the occupancy of the service channel, and when you release the last request, which is ahead, leaves the queue and goes to the service channel. This will be modeled as: SEIZE NETWORK.

In the field of operand A is given the symbolic or numerical name of the service channel. The channel program is named NETWORK. The output of the product from the service queue is fixed by the DEPART operator with the corresponding queue name: DEPART CHERGA_NET. Next, the maintenance time of the device is simulated. To model this process, the operator is used: ADVANCE (Exponential (1,0,150)).

The field of operand A indicates the exponential distribution with an average service time of the requirement of 150 ms. After processing the request, a message about the release of the service channel must be sent. This is done using the operator: RELEASE NETWORK. After maintenance, the requirement leaves the system. This action is modeled by the operator: TERMINATE 1. The number of requirements that have been serviced in our system will be equal to 10000.

To build a histogram of the time spent in the queue, add to the program the first operator QTABLE: t_cherga QTABLE CHERGA_NET, 1,1,250. Here in the field of operand A of the histogram T_cherga the name of the queue CHERGA_NM is indicated, operand B is the end of the first interval, operand C is the width of the intervals, operand D is the number of intervals of the histogram.

Finally, the GPSS program will look like shown in Fig. 1.

```

t_cherga QTABLE CHERGA_NET, 1,1,250
GENERATE (Exponential) (1,0,150)
QUEUE CHERGA_NET
SEIZE NETWORK
DEPART CHERGA_NET
ADVANCE (Exponential) (1,0,150)
RELEASE NETWORK
TERMINATE 1
START 10000
    
```

Fig. 1. Window with the model of the simplest QMS

Fragments of the REPORT window with simulation results for this model are presented in Fig. 2.

| START TIME | END TIME | BLOCKS | FACILITIES | STORAGES |
|------------|-------------|--------|------------|----------|
| 0.000 | 1932604.963 | 7 | 1 | 0 |

| NAME | VALUE |
|------------|-----------|
| CHERGA_NET | 10001.000 |
| NETWORK | 10002.000 |
| T_CHERGA | 10000.000 |

| LABEL | LOC | BLOCK TYPE | ENTRY COUNT | CURRENT | COUNT | RETRY |
|-------|-----------|------------|-------------|---------|-------|-------|
| 1 | GENERATE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | QUEUE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | SEIZE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | DEPART | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | ADVANCE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | RELEASE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | TERMINATE | | 10000 | 0 | 0 | 0 |

| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
|----------|---------|-------|-----------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| NETWORK | 10000 | 0.783 | 151.318 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| QUEUE | MAX CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE. CONT. | AVE. TIME | AVE. (-0) | RETRY |
|------------|-----------|-------|----------|------------|-----------|-----------|---------|
| CHERGA_NET | 24 | 0 | 10000 | 2173 | 2.653 | 512.807 | 655.177 |

| TABLE | MEAN | STD. DEV. | RANGE | RETRY FREQUENCY | CUM. % |
|----------|---------|-----------|---------------|-----------------|--------|
| T_CHERGA | 512.807 | 622.819 | - - | 0 | |
| | | | 1.000 - | 2184 | 21.84 |
| | | | 1.000 - 2.000 | 3 | 21.87 |
| | | | 2.000 - 3.000 | 5 | 21.92 |

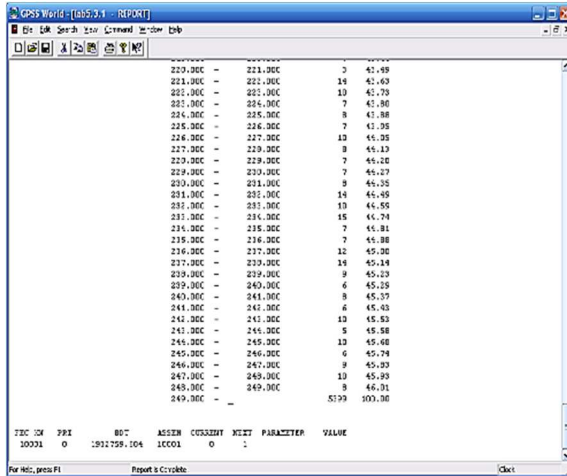


Fig. 2. Fragments of the REPORT window with simulation results

The data in turn have the following values: MAX (Maximum length) - 24; CONT. (Current length) - 0; ENTRY (Number of inputs) - 10000; ENTRY (O) (Number of inputs with zero time) - 2173; AVE.CONT. (Average number of entrances) - 2,653; AVE.TIME (Average time in the queue) - 512,807; AVE. (Average time without zero inputs-O) - 655.177; RETRY (Number of detainees in case of queue status) - 0.

In addition to the above table, as a result of the model, a histogram of the values of the time of the requirements in the queue was constructed. To view this histogram, it was necessary to open the graph of the histogram T_CHERGA, the window of which is shown in Fig. 3.

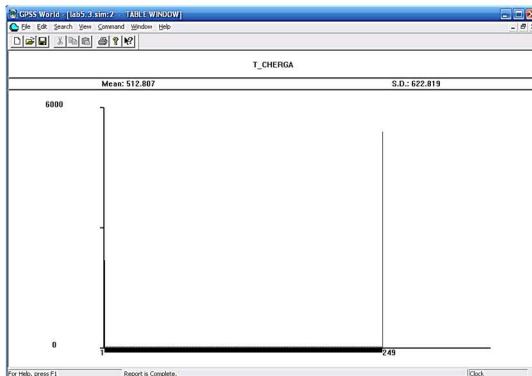


Fig. 3. The window of the histogram of the time spent in the queue

As can be seen from Fig. 3, the average time in the queue (Mean) coincides with the value of the same parameter (Ave.Time), presented in the REPORT window, and is equal to 512,807 ms. In addition, from the histogram you can get an additional value of the standard deviation (S.D.) of this parameter (queue time), which is not given in the table.

The value of the average queue length obtained by means of the simulation model, which is equal to 2,653, can be compared with the value calculated for the simplest QMS. With the specified parameters, the load factor will be equal to:

$$\lambda = \frac{1}{190}; \mu = \frac{1}{150}; \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{150}{190} = 0.7895 \quad (1)$$

Then the average length of the queue will be equal to:

$$l = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0.5584}{0.2105} \approx 2.653 \quad (2)$$

Therefore, the GPSS World software environment is ideal for creating and executing simulation models. The simulation model of the simplest queuing system was investigated and a comparison with analytical solutions was successfully made.

Literature

1. Kazymyr V.V. Research methods. Methodical instructions to the cycle of laboratory works for masters of specialty 123 Computer Engineering / Chernihiv: ChNTU, 2018,.P. 42-48.
2. Kudryavtsev E.M. GPSS World. Fundamentals of simulation modeling of various systems. / DMK Press, 2004. - 320 p.
3. O. Khropatyi, O. Lohinov and V. Kazymyr, "Embedded Models Realization Platform in IoT," 2020 IEEE 5th International Symposium on Smart and Wireless Systems within the Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109 / IDAACS-SWS50031.2020.9297061.

A MODIFIED TECHNIQUE FOR CONSTRUCTING NONLINEAR REGRESSION MODELS BASED ON THE MULTIVARIATE NORMALIZING TRANSFORMATIONS AND PREDICTION INTERVALS

S. B. Prykhodko, N. V. Prykhodko

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ukraine

It is known, normalizing transformations are used to build nonlinear regression models. In this case, methods for outlier detection in nonlinear regression models based on the normalizing transformations can be applied [1]. The technique to construct nonlinear regression models considered in [1] includes a technique for multivariate detecting outliers. Notice that nonlinear regression models built by the technique [1] based on the multivariate normalizing transformations and prediction intervals usually lead to better results compared to the models that are constructed using univariate transformations and without taking into account the presence of outliers. However, there may be multidimensional data sets for which the constructed nonlinear regression model has unsatisfactory prediction accuracy even after all outliers are removed according to the technique [1]. This result, as we have found out, may be explained by the fact that the error distribution in the linear regression model for normalized data becomes non-Gaussian at the final step of constructing the nonlinear regression model. And as we know, the error distribution in the linear regression model should be Gaussian. For this reason, the technique [1] requires some modification.

We combined the technique [1] with outlier detection using residuals in the linear regression model for normalized data, which is applied to construct the nonlinear one. A modified technique follows six steps.

Step 1. Normalize a multivariate non-Gaussian data set by a multivariate normalizing transformation.

Step 2. Determine whether one multidimensional data point of a multivariate non-Gaussian data set is a multidimensional outlier. If there is a multidimensional outlier in a multivariate non-Gaussian data set, then discard the one and go to step 1, else go to step 3.

Step 3. Build the linear regression model for normalized data, which is applied to construct the nonlinear one.

Step 4. Test the normality of distribution of residuals in the linear regression model for normalized data. If the distribution of residuals in the linear

regression model for normalized data is non-Gaussian, then discard the multidimensional data point for which the value of the modulus of residual in the model is maximum and go to step 1, else go to step 5.

Step 5. Construct the nonlinear regression model based on the multivariate normalizing transformation and the linear regression model for normalized data.

Step 6. Build the prediction interval of nonlinear regression, and determine whether one or more values of the response (dependent random variable) are outliers. If there are outliers in the nonlinear regression model, then discard the ones and go to step 1, else constructing the nonlinear regression model is completed.

Modification of the technique [1] consists of adding step 4 and highlighting step 3 to build the linear regression model for normalized data, which is applied to construct the nonlinear one. Next, we consider the example of constructing the nonlinear regression model with three predictors by a modified technique to demonstrate its viability.

We construct the nonlinear regression model with three predictors to estimate the size of open source PHP-based apps using the non-Gaussian data set from 44 apps hosted on GitHub (<https://github.com>) by a modified technique. The data set was obtained using the PhpMetrics tool (<https://phpmetrics.org/>). The model is constructed around the following metrics (variables) of the app: the size (in KLOC, a thousand line of code), a number of classes, the average number of methods per class, a sum of average afferent coupling and average efferent coupling per class. We have four iterations to build the nonlinear regression model by a modified technique.

To judge the prediction accuracy of the nonlinear regression model constructed by a modified technique we used the well-known prediction accuracy metrics such as a multiple coefficient of determination R^2 , a mean magnitude of relative error MMRE, and prediction percentage at the level of magnitude of relative error of 0.25, PRED(0.25). The R^2 , MMRE, and PRED(0.25) values equal respectively 0.9812, 0.1753, and 0.750 for the nonlinear regression model with the estimators of parameters which are calculated for the 40 data apps (without four outliers). These values indicate to us good prediction results of the nonlinear regression model, which is constructed by a modified technique for parameter estimators calculated from the 40 data rows.

Notice, if the nonlinear regression model is built based on the same data set by the technique [1] then we have three iterations. At the third iteration, there are no outliers in step 5, the repeat of the iterations is completed, the nonlinear regression model is constructed using data from 41 rows of Table 1 (without three outliers). In this case, the R^2 , MMRE, and PRED(0.25) values equal respectively 0.9776, 0.1795, and 0.6829 for the nonlinear regression

model with the estimates of parameters which are calculated for the 41 data rows (without three outliers). It is not hard to see the values of all prediction accuracy metrics for the nonlinear regression model constructed by the technique [1] are worse than in the case of using a modified technique we propose. This is especially true for PRED(0.25). Its value indicates unsatisfactory prediction accuracy since the recommended minimum value of PRED(0.25) should not be less than 0.75.

Such better prediction results for the nonlinear regression model (4), which is constructed by a modified technique for parameter estimates calculated from the 40 data rows might be explained by, firstly, the bigger number of data that has been discarded as outliers, and, secondly, by the normality of distribution of residuals in the linear regression model for normalized data at all iterations.

Conclusions. The technique for constructing nonlinear regression models based on the multivariate normalizing transformations and prediction intervals is modified by testing the normality of error distribution in the linear regression model for normalized data, which is applied to construct the nonlinear one. Using the example of building the nonlinear regression model with three predictors based on the Johnson four-variate transformation for the S_b family we have demonstrated that there may be multidimensional data sets for which the constructed nonlinear regression model has unsatisfactory prediction accuracy even after all outliers are removed as in the technique [1]. From the example, we conclude that the modified technique is promising to apply. The nonlinear regression model, which is built by a modified technique has the better values of well-known prediction accuracy metrics such as R^2 , MMRE, and PRED(0.25) compared with the model, which is constructed by the technique [1] without discarding the multidimensional data point for which the value of the error modulus in the linear model is maximum if the distribution of residuals in the linear one is non-Gaussian.

References

1. Prykhodko, S., Prykhodko, N.: Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265, pp. 166-174. Springer, Cham. (2021). https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_16.

TRAFFIC LIGHTS PARAMETERS OPTIMIZATION BASED ON ROAD SECTION SIMULATION

V. V. Palii, I. V. Stetsenko

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute"*

The constant growth of cities has resulted in an issue with traffic congestion. Nowadays traffic lights are being regulated manually or by using the preset mean values of intensity. The purpose of the abstract is to provide a solution to the problem by developing a system for optimizing traffic control parameters based on constantly changing intensity parameters taken from cameras.

The system is based on Petri-object simulation [1] and is operating with the next objects: crossroads and crossovers [2]. In the abstract using a genetic algorithm to deal with the problem is suggested. Such information as intensities, green and red lights duration of the crossroads, the time spent to drive over crossroads or crossovers is used as a set of properties of the candidates in population. A fitness function is measuring the maximum of mean car numbers on the crossroads.

The scheme of the road section used for analysis is shown in the Fig. 1. Two runs with simulation time set to thirty minutes were done: one using static preset intensity based on mean intensity during the simulation time, another one had one intensity parameter of the crossroad 3 type 2 dynamically changing every minute based on incoming data from the cameras during the run. The resulted fitness function for static intensity run equaled 89.7 at the start followed by 83.74 at the end and for the dynamic intensity the starting point was 84.2 reaching the end point of 72.28.

The result of simulation has proved that using static preset intensity parameters based on mean intensity during the specific time period doesn't lead to the best results, therefore, traffic congestion situation could be eased through implementing the system which will result in an increasing flexibility of the traffic control. Having stated that, the installation of more cameras on crossroad leading to getting more intensity parameters for the system to work properly is considered to be a matter of great importance.

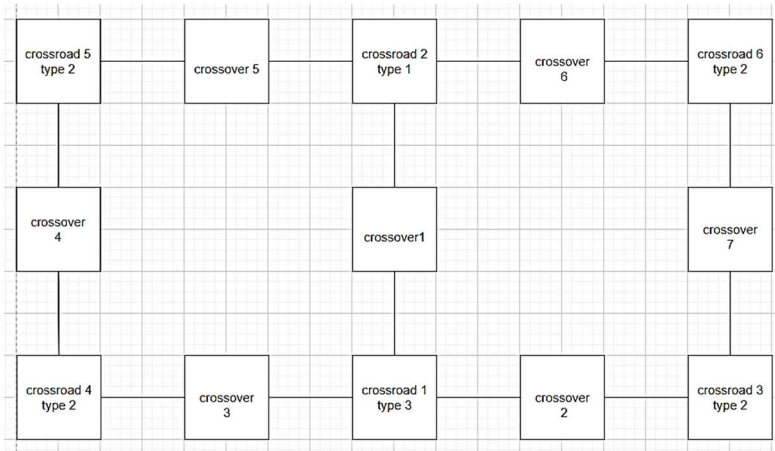


Fig. 1. Scheme of the traffic section

References

1. Стеценко І. В. Алгоритм імітації Петри-об'єктної моделі // Математичні машини і системи. – Київ, 2012. - № 1. – С.154-165.
2. Стеценко І. В. Петрі-об'єктна модель системи управління транспортним рухом // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: БЕК+, 2011. - № 54. – С.116-125.

UDC 004.942

MODELING THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF STUDENTS AS A MODEL FOR THE DISSEMINATION OF INFORMATION IN SOCIETY

V. V. Shevchenko¹, D. S. Berestov¹, I. P. Sinitsyn² and M. G. Brazhenenko¹

¹ Faculty of Information Technology, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

² Institute of Software Systems, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In today's world, the ability of employees to learn quickly is an urgent issue [1, 2]. With the rapidly increasing level and quantity of technology

available, this issue will remain relevant for a long time to come. Therefore, it is important for the competitiveness of people that the skill to learn quickly and the outlook in general be developed as early as possible. An effective solution can be to obtain a university degree in the necessary field. In doing so, a quality education process consists of a number of aspects: study of the program's core course, social activity, and scientific activities [3]. In this paper, we will refer to the science-centered approach to education as one in which science serves as a driving force, encouraging the student to pay more attention to the subjects of the program and to go beyond the program to deepen their knowledge in their major. Properly instilled in the student scientific approach allows further development of non-standard innovative solutions. But forming exactly the scientific approach in the student is a difficult process because many factors that prevent its formation. It is useless to force to do science. Therefore, students are attracted to science through the belief that it is useful for their professional growth. That is, to a certain extent there is a place of agitation.

Therefore, it is relevant to ensure the effective formation of the student's understanding of the need to participate in scientific activities because of the influence of teachers. In accordance with this, it is also relevant to develop a model of the learning process in a science-centered approach to predict the consequences of management decisions about the agitation work with students. With the help of models based on cellular automata (CA), it is relatively easy to simulate processes that involve the same-type objects of the real world. Therefore, it was proposed to use the theory of CA to model the dissemination of information in society.

Purpose of work. To develop methods for predicting changes in public opinion through the development of a model of social behavior on the acceptance of educational material in a science-centered approach to education.

General concepts of the theory of cellular automata

All CA which will be considered further are guided by the following rules: for a CA to work, the initial value of cells of the CA field and the rules for determining the state of cells at the next iteration are specified; the cell field is a rectangular field of cells and is closed and geometrically takes the form of Torus; a cell can take a discrete or non-discrete state; all cells in the field have a predefined edge - a set of "neighbor" cells, whose values determine the state of the cell under study; at each iteration of the CA a new state of each cell is determined with the help of transition rules and cell states of the field.

The considered **CA without further improvements is a rather abstract model**, for which the life situation is quite difficult to find, so it is relevant to improve it in the direction of introducing the necessary set of rules for CA development [4].

Improvement of the general rules of the cellular automata

To achieve the goal of the study, the abstract CA has been improved in the following ways:

- Improvement of the rule of possible cell states
- Improvement of the rule for determining the state of a cell
- Introduction of the basic rule for determining the vicinity of a cell
- The complicated rule for determining the vicinity of a cell

Improvement of the cellular automata in the direction of modeling of social behavior

The rule of dependence of the susceptibility coefficient on the difference between the state of a cell and its environment

Since in real life whether a person will listen to someone else's point of view depends on how different it is from that person's point of view, it was decided to introduce a rule of dependence of the susceptibility coefficient to another's opinion, which can be formulated as follows:

$$k(\Delta) = L / (1 + e^{-h \cdot \Delta - x_0})$$

where Δ is the difference between the value of the cell state and the environment, L – the maximal possible value of the coefficient k , x_0 – point of the middle of the logistic curve, h is the rate of growth of the logistic curve. The value of the difference between the value of the cell state and the environment is calculated by the formula:

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_i - s_t$$

where n is the number of neighboring cells, n_i is the state of the i -th cell from the environment of cell s_t , s_t is the state of the cell at iteration t .

The rule of cyclic variation of the radiuses of field cell interactions

In real life, people are constantly on the move, every day a person is in at least two different social circles: at home and at work. Similar processes take place in the educational process: there are general lectures, separate seminars, and practical classes. Thus, students are constantly changing their social circles. Therefore, the study introduced the rule of cyclic variation of the radiuses of field cell interactions.

Approbation of modified cellular automata in modeling the learning process in the science-centered approach

The proposed CA was tested oriented learning process model in science-centered approach in education, which focuses on teaching students through stimulating them to scientific activity and creativity during their studies. The model takes as a positive opinion that "it is useful for a student to do science for learning

and self-development as a specialist". The negative opinion is the opinion that "it makes no sense for the student to do science, as it is not needed in the future.

Based on the created variants of development of the model of the educational process at the science-centered approach the comparative table with an initial number of students prepared for scientific activity, a final number of students prepared for scientific activity, and the difference between these values was created (Tab. 1).

Table 1. Comparison of options for changing students' opinions.

| Variant | Initial number | Final number | Difference between values |
|---------|----------------|--------------|---------------------------|
| 1 | 25 | 0 | -25 |
| 2 | 25 | 0 | -25 |
| 3 | 25 | 5 | -20 |
| 4 | 25 | 66 | 41 |
| 5 | 36 | 77 | 41 |
| 6 | 36 | 80 | 44 |

It is worth noting that existing approaches to predicting the spread of ideas in the learning environment do not take into account the involvement of students with the help of other students, but only through teachers. This leads to an error ranging from 20% to 44%, which is a significant deviation. The developed model gives a gain in estimating the dynamics of change in student preferences at the level of 41% to 44%. Based on the results of the study (Tab. 1), the most effective is the 6th variant of development, which makes 80% of the students of the stream active in scientific activities. Depending on the results of the survey of students and further modeling of various options for the development of events can be selected as the most optimal. Non-interference of the faculty administration, department, and teachers in the process of formation of the attitude to scientific activity leads to almost complete absence of any activity of students, which in turn worsens the quality of student learning and formation of highly qualified specialists.

Conclusions

- The paper developed methods for predicting changes in public opinion through the development of a model of social behavior on the acceptance of educational material in a science-centered approach to education.
- The work has for the first time created a model of the educational process in the science-centered approach to education based on the model of CA, taking into account the additional parameters of the influence of cell state definition parameters, the basic and modified rules for determining the vicinity of cells, the rule of dependence of the susceptibility coefficient on the state of the cell and its environment.

- The developed model allows us to predict the dynamics of individual thought propagation in the learning process. The improved CA can be used to model both the objects of society and the process of dissemination of ideas contributing to the implementation of a science-centered approach.
- The paper developed software tools to analyze the dynamics of CA using the model of the learning process in the science-centered approach. The developed model gives a gain in assessing the dynamics of changes in student preferences at the level of 41% to 44%, in contrast to existing approaches, which give an inaccuracy of 20% to 44% when predicting.

References

1. Bartosh, O. P., Hvozdetzka, B. G., Varha, N. I., Zoska, Y. V., & Nikon, N. A. (2020). Professional socialization of youth in Central and Eastern Europe. *Perspektivy nauki i obrazovania – Perspectives of Science and Education*, 48 (6), pp. 103-116. doi: 10.32744/pse.2020.6.9
2. Laura E. Chasmer, Robert A. Ryerson, Craig A. Coburn (2021): Educating the Next Generation of Remote Sensing Specialists: Skills and Industry Needs in a Changing World, *Canadian Journal of Remote Sensing*, DOI: 10.1080/07038992.2021.1925531
3. Dylan Conger, Alec I. Kennedy, Mark C. Long, Raymond McGhee. "The Effect of Advanced Placement Science on Students' Skills, Confidence, and Stress" *Journal of Human Resources*, University of Wisconsin Press, vol. 56(1), 2021, pp. 93-124. DOI: 10.3368/jhr.56.1.0118-9298R3
4. Volodymyr Shevchenko, Denis Berestov, Igor Sinitcyn Built-In Processor for Sharing Passwords Through the Open Information Space. - 2020 16-th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). Proceeding. - Lviv, April 22-26, 2020. - pp.40 – 44. icceexplore.ieee.org/document/9109523DC 004.067

PROGNOSTIC MODEL OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT

Zaslavskiy Alexandr, Karpenko Oleh

Dnipro University of Technology, Ukraine

Economically viable integration of such variable renewable energy (VRE) resources as wind and solar power into local, regional, and national

electric energy systems is impossible without active balancing of the whole energy market. In this context, hourly prediction of electric energy generation by means of the renewable sources one day in advance is one of the most topical problems. It should be mentioned that despite the availability of numerous proposed algorithms, programs, and program systems the problem has not any adequate universally recognized solution.

Electric energy generation by means of photovoltaic power stations depends directly upon weather changes becoming more and more unpredictable. Strictly speaking, the problem of photovoltaic solar energy conversion amounts to a problem of developing a mathematical model able to reflect the most accurate dependence of energy production upon each influencing factor.

The paper analyzes certain approaches to develop the taught prognostic models of photovoltaic power stations.

The block diagram of a PV-station model is shown in Fig. 1

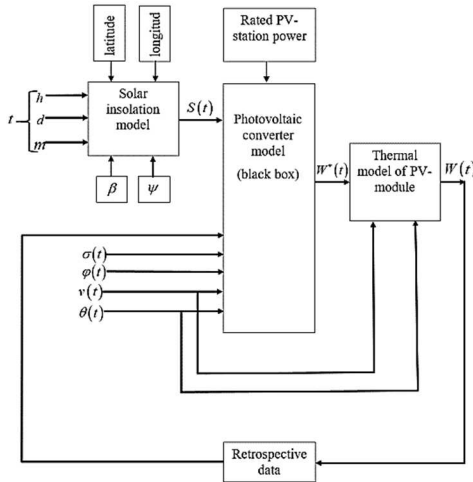


Fig.1. Structural scheme of a PV-station model

Actual electric energy quantity $W(t)$, generated by a photovoltaic power plant, is always less than the ideal level depending upon numerous influencing meteorological factors. The considered models take into consideration the following: air temperature $\theta(t)$ and PV module temperature $\Theta(t)$, air humidity $\varphi(t)$, wind velocity $v(t)$ and cloudiness $\sigma(t)$. Distinctive feature of photovoltaic power plant is as follows: all the meteorological factors influence the energy output in a multiplicative manner. If they vary, the energy output may

experience its percentage-wise increase or decrease; however, it can neither exceed the ideal level nor become negative. The changes in the capacity of photovoltaic power plant, resulting from the influence of meteorological factors, take place owing to variations of a coefficient of performance rather than owing to summing of some extra energy by other sources with solar power.

The following can be considered as the specific features of the proposed model of photovoltaic conversion of solar energy:

1) factorization of the photovoltaic conversion function in the form of a product of partial dominant functions;

2) analytical calculation of the functions on the criterion of minimum mean-square prediction error;

3) reflexive learning of photovoltaic models.

Factorization of photovoltaic transformation function simplifies drastically the model while reducing learning period since numerous weakly influencing combinations of simultaneously acting in-input factors are excluded from the consideration.

Analytical calculation of the influence functions while solving systems of algebraic equations saves time required to learn PV models to compare, for instance, with the methods of successive approximations based upon the use of neural systems. Digital systematization and averaging of influence functions, derived with the help of direct calculation, creates conditions for PV model start in terms of minimum depth of array of retrospective data applied for the model learning. That is extremely important to predict operations of new power stations being connected to electric energy system.

Reflexive learning of PV models reduces drastically their sensitivity for errors of climatic models used for the learning.

The developed model is used in the specialized software for a day-ahead advance prognosis of 50 photovoltaic plants located in different regions of Ukraine. Nominal power of the plants is 1 to 15 mW.

Literature

1. S. Makridakis, E. Spiliotis, V. Assimakopoulos, Statistical and machine learning forecasting methods: Concerns and ways forward, *PloS One* 13 (3) (2018) e0194889.

2. Mariam AlKandari and Imtiaz Ahmad, Solar power generation forecasting using ensemble approach based on deep learning and statistical methods, *Applied Computing and Informatics*, vol. ahead-of-print no. ahead-of-print, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2019.11.002>

3. D. P. Larson, L. Nonnenmacher, and C.F.M. Coimbra, Day-ahead 4/ forecasting of solar power output from photovoltaic plants in the American

Southwest, Renewable Energy, Vol. 91, pp. 11-20, 2016 Jidong Wang, Ran Ran and Yue Zhou, A Short-Term Photovoltaic Power Prediction Model Based on an FOS-ELM Algorithm, Appl. Sci. 2017, 7(4), 423; <https://doi.org/10.3390/app7040423>

5. Ling-Ling Li, Shi-Yu Wen, Ming-Lang Tseng, Cheng-Shan Wang, Renewable energy prediction: A novel short-term prediction model of photovoltaic output power, Journal of Cleaner Production, Vol. 228, 10 August 2019, pp. 359-375;

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219315105>

6. Mingming Gao, Jianjing Li, Feng Hong, Dongteng Long, Day-ahead power forecasting in a large-scale photovoltaic plant based on weather classification using LSTM, Energy, Vol. 187, 15 November 2019, 115838; <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.168>

УДК 004.91:004.432

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОСУВАННЯ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ САЙТУ КАФЕДРИ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Агієнко М. Ю., Неруш К. Ю., Трунова О. В.

Національний університет «Чернігівська політехніка»

Сьогодні не можливо собі уявити будь-яку сферу людської діяльності без інформатизації. Щоб дізнатись будь-яку інформацію не треба їхати в інше місто чи країну. Вистачить увімкнути браузер та перейти за посиланням на веб-сайт закладу вищої освіти або сайту відповідної кафедри. Таким чином абітурієнту не потрібно навіть виходити з приміщення, щоб дізнатися, що викладають у різних інститутах, академіях та університетах. Далі абітурієнт стає студентом і сайт супроводжує його навчання. Він повинен бути для нього більш інформативним. Отже постає питання про наповнення веб-сайту кафедри, яке дозволяє задовольнити потреби зацікавлених сторін: адміністрації, викладачів, студентів, абітурієнтів, батьків? У нашому дослідженні ми розглядали потреби абітурієнтів і студентів.

Абітурієнт зацікавлений в такій інформації:

Докладний опис спеціальностей, які він може здобути у ЗВО.

Наявність магістратури по тій же спеціальності.

Опис дисциплін, що викладають.

Склад кафедри з біографією та досягненнями викладачів.
 Працевлаштування за обраною спеціальністю.
 Інформація для студентів:
 Розклад занять студента та викладача.
 Свіжі новини кафедри.
 Дипломне проектування. Де можна передивитись дипломні роботи бакалаврів та магістрів ЗВО.
 Графік консультацій.
 Олімпіади та практика.
 Міжнародне співробітництво.
 Файлообмінник [1].

Перелік можна продовжувати й надалі. Звідси зрозуміло що веб-сайт повинен містити багато інформації. Було проведено опитування, де абітурієнти та студенти визначали найважливішу, на їх погляд, інформацію, що до змісту веб-сайту. Його результати представлені на рисунку 1.

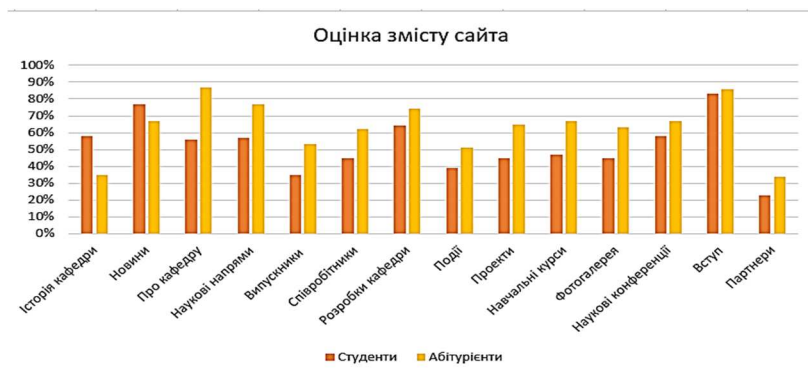


Рисунок 1. Оцінка абітурієнтів та студентів щодо змісту веб-сайта

Наступним питанням є зовнішній вигляд. У кожного ресурсу повинен бути свій стиль залежно від спеціальностей. Щоб при візиті на веб-сайт було зрозуміло куди ти зайшов [2]. Основними факторами при цьому виступають: вибір вдалих кольорів (див. рис. 2), розміщення об'єктів для зручного використання, не перевантаження ресурсу необхідною інформацією.

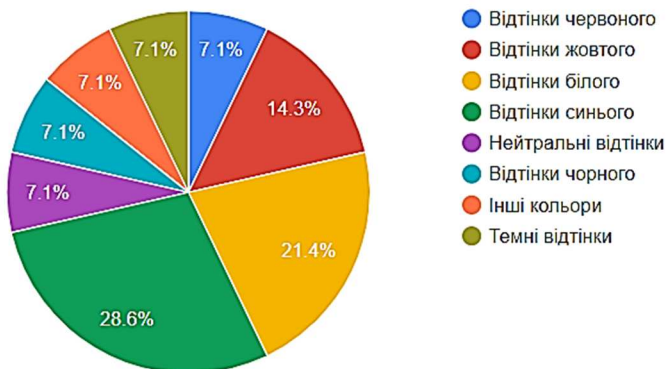


Рисунок 2. Оцінка відтінків кольорів для веб-сайта

Наведена структура веб-сайту ЗВО дозволяє вирішити ряд проблем, які сьогодні існують перед вищою школою. Абітурієнти отримують інформацію, завдяки якій вони будуть здатні прийняти усвідомлене рішення. Студенти зможуть відстежувати новини, переглядати розклад занять, почнуть орієнтуватися у працевлаштуванні. Викладачі зможуть продемонструвати свої сильні сторони.

Тому, при створенні Web-сайту, необхідно розв'язати наступні задачі:

Інтерфейс має бути простим та інтуїтивно зрозумілим.

Інформація повинна задовольняти потреби абітурієнта та студента.

Ресурс повинен бути мультимовним (українська, англійська мови, як мінімум).

Наявність мобільної версії.

Література

1. Агієнко М. Ю., Неруш К. Ю. Інформаційно-концептуальна модель веб-ресурсу «Кафедра інформаційних технологій та програмної інженерії» НУ «Чернігівська політехніка». Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі: Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих учених (м. Чернігів, 18-19 березня 2021 р.): збірник тез доповідей. - Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка» 2021. С. 104-106. Режим доступу: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2021/05/zbirnyk-2021-novitni-tehnologiyi-sajt.pdf>

2. Коробов В. С., Селіванова А. В. Аналіз чинників, що впливають на успішність сайту кафедри ЗВО. Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XIX Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 22 квітня 2019 р. - Одеса, Видавництво ОНАХТ, 2019 р. С. 38-40.

УДК 004.89

АГЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОНІТОРИНГОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Голуб С. В., Куницька С. Ю.

Черкаський державний технологічний університет

На сьогодні інформаційні технології моніторингу [1] набувають особливої ваги. Є глобальна потреба у прорахунку ситуацій в умовах пандемії, гібридної війни із її терористичними актами, інформаційними атаками та іншими засобами погіршення умов проживання населення в Україні.

Основною проблемою кризового моніторингу є зниження інформативності результатів спостережень при різкій зміні властивостей об'єктів моніторингу. В цих умовах прийняття рішень відбувається швидко, часу на проведення додаткових спостережень недостатньо. Для забезпечення процесів прийняття рішень відомостями про нові властивості об'єктів моніторингу, висувуються додаткові вимоги до адаптивності синтезаторів моделей моніторингових інформаційних систем [2].

Моніторингова інформаційна система (МІС) є програмною реалізацією інформаційної технології багаторівневого моніторингу [1]. Моніторинг – то є технологія забезпечення інформацією процесів прийняття рішень. Існуючі методи та засоби синтезу моделей, що на сьогодні використовуються МІС, не завжди здатні синтезувати корисні моделі при зміні властивостей об'єктів моніторингу в умовах зниження інформативності масивів результатів спостережень. Існує протиріччя між потребою у забезпеченні знаннями процесів прийняття рішень і недостатньою різноманітністю процесів обробки даних та видобування знань із результатів спостережень породжує кілька проблем кризового моніторингу. Одна з них – оперативне забезпечення знаннями процесів порівняння стратегій при прийнятті рішень в умовах кризового моніторингу.

Необхідно будувати моделі об'єктів моніторингу на основі раніше проведених спостережень за умови зниження їх інформативності під впливом зміни завдання моніторингу. Тобто МІС повинна адаптуватись

до нових властивостей об'єктів моніторингу шляхом побудови нових моделей за умови заміни значень залежних змінних моделювання – показників стану об'єктів моніторингу масиву

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}, \quad (1)$$

де m – число показників станів об'єктів моніторингу, при незмінних значеннях незалежних змінних моделювання – характеристик впливових факторів масиву

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (2)$$

де n – число характеристик впливових факторів.

Для усунення цієї проблеми запропоновано підвищити різноманітність МІС за рахунок перебудови процесів обробки результатів спостереження на основі агентного підходу та адаптації інших процесів моніторингу до нових принципів функціонування МІС [3]. Розроблена нова концепція [4], методи створення моніторингових агентів та принципи їх взаємодії в процесі виконання моніторингових завдань особи, що приймає рішення (ОПР).

Розроблена методологія створення інформаційних технологій інтелектуального моніторингу, яка ґрунтується на агентній структурі процесів обробки результатів спостережень [5].

Моніторинговий агент здатний самостійно виконувати функцію обробки результатів спостережень та побудови бази модельних знань (БМЗ) з метою отримання інформації та видобування відомостей про властивості закономірності поведінки цих об'єктів при кризовій зміні їх поведінки відповідно до індивідуальних завдань. Зміна завдання моніторингового агента призводить до перебудови структури його БМЗ.

У кризових умовах різноманітності агентних синтезаторів моделей часто буває недостатньо для підготовки цього агента для виконання нового завдання моніторингу. У цьому випадку МІС починає формувати надагентні структури, що отримали назву агентних функціоналів (АФ). Розроблена класифікація, принципи і методи побудови АФ [6] Сформульовані і експериментально підтверджені ряд гіпотез по методам побудови та використання АФ моніторинговою інформаційною системою [6, 7].

Саме знатність будувати агентні функціонали в процесі виконання нових завдань ОПР забезпечує МІС достатню адаптивність для функціонування в умовах кризового моніторингу.

Таким чином, розроблена методологія створення інформаційних технологій інтелектуального моніторингу. Використання агентного підходу до реалізації процесів обробки результатів спостережень дозво-

лило МІС підвищувати свою різноманітність шляхом формування надагентних структур – агентних функціоналів. Наявність у структурі моніторингових агентів баз модельних знань і здатність цих агентів самостійно розв'язувати задачі класифікації, кластеризації, ідентифікації та прогнозування дозволяє вважати моніторингові агенти інтелектуальними а агентні функціонали поєднанням інтелектуальних агентів.

Експериментально доведена ефективність побудови та використання агентних функціоналів у процесі виконання МІС завдань із кризового моніторингу.

Література

1. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища. Голуб С. В. Черкаси : Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 220 с. ISBN 978-966-353-062-8.

2. Голуб С. В., Авраменко А. С. Удосконалення класифікаторів в моніторингових інтелектуальних системах. *Вісник академії інженерних наук України*. – 2019. – № 1. С. 67 - 71.

3. Avramenko A. S., Golub S. V. Decrease of time of model synthesis in intellectual monitoring systems. *Математичні машини і системи*. – 2019. – № 3. – С. 129 - 134. DOI: 10.34121/1028-9763-2019-3-129-134.

4. Holub Serhii, Kunytska Svitlana. *The concept of multi-agent intellectual monitoring systems*. Projekt interdyscyplinary projektem XXI wieku - Tom 2. Processing, transmission and security of information. Monographia: Wydawnictwo naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej. – 2019. – S. 183-188. ISBN: 978-83-66249-25-7

5. Kunytska S., Holub S. Multi-agent Monitoring Information Systems. In: Palagin A., Anisimov A., Morozov A., Shkarlet S. (eds) *Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1019. pp 164 - 171. Springer, Cham. Doi:10.1007/978-3-030-25741-5_17

6. Голуб С. В., Куницька С. Ю. Поліагентні функціонали в інформаційних технологіях інтелектуального моніторингу. *Математичні машини і системи*. 2020. № 4С. 11-19. DOI: 10.34121 / 1028-9763-2020-4-11-19.

7. Serhii Holub, Andriy Dorofeyev, Gulustan Babayeva, Svitlana Kunit-skaya, Oleg Ananiin. The Use of The Results of Intellectual Monitoring in The Practice of Treatment of Inflammatory Bowel Diseases. In Nataliya Shakhovska, Jaime Campos, Nataliia Melnykova, Ivan Izonin. *Informatics & Data-Driven Medicine. CEUR Workshop Proceedings of the 3rd International Conference. Växjö, Sweden, November 19 - 21, 2020. Vol-2753. P. 108-118.*

ПАРАЛЕЛЬНА РЕАЛІЗАЦІЯ БАГАТОРЯДНОГО АЛГОРИТМУ НА ОСНОВІ МГУА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

І. В. Стеценко, В. В. Сєверцев

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Прогнозування стану періодичних процесів у майбутньому на основі ретроспективних даних дозволить завчасно сформуванати стратегію реагування на зміни. Попередня інформація про можливі зміни у стані процесу дає змогу завчасно перерозподілити ресурси та уникнути можливих втрат. Тому актуальним є завдання розробки програмних засобів для вирішення задачі прогнозування періодичних процесів на основі ретроспективних даних. Тобто за попереднім набором даних для процесу, що може описуватися різною кількістю параметрів, необхідно побудувати адекватну модель, що може бути використана для прогнозування стану цього процесу у майбутньому. Вирішення цієї задачі дозволить прогнозувати такі процеси як зміна погодних умов або інтенсивність руху транспорту або інтенсивність трафіку в мережах. Можливість прогнозування таких процесів дає змогу завчасно виділяти ресурси на вирішення проблем з мінімальними втратами.

Для вирішення задачі прогнозування використано багаторядний алгоритм групового урахування аргументів (МГУА). Наразі дослідження, розробка та вдосконалення паралельних реалізацій алгоритмів МГУА проводяться для комбінаторного алгоритму, водночас, паралельна реалізація багаторядного алгоритму не розглядалась. Основною метою даної роботи є дослідження існуючих синхронних реалізацій багаторядного алгоритму та їх вдосконалення з метою пришвидшення обчислювального процесу створення моделей та розрахунку їх параметрів при створенні прогнозів, що важливо при збільшенні складності моделей, які будуються.

Багаторядний алгоритм (рис. 1) виконує пошук моделі оптимальної складності шляхом схрещення найкращих моделей з попередніх ітерацій. На першій ітерації будуються моделі, що містять два параметри з вибірки. На всіх наступних ітераціях цими параметрами виступатимуть моделі, що перейшли з попередній ітерацій. До наступної ітерації пере-

ходять F моделей з найменшим значення зовнішнього критерію [1]. Перехід до нових ітерацій та перебір моделей відбувається, доки зовнішній критерій найкращої моделі ітерації поліпшується.

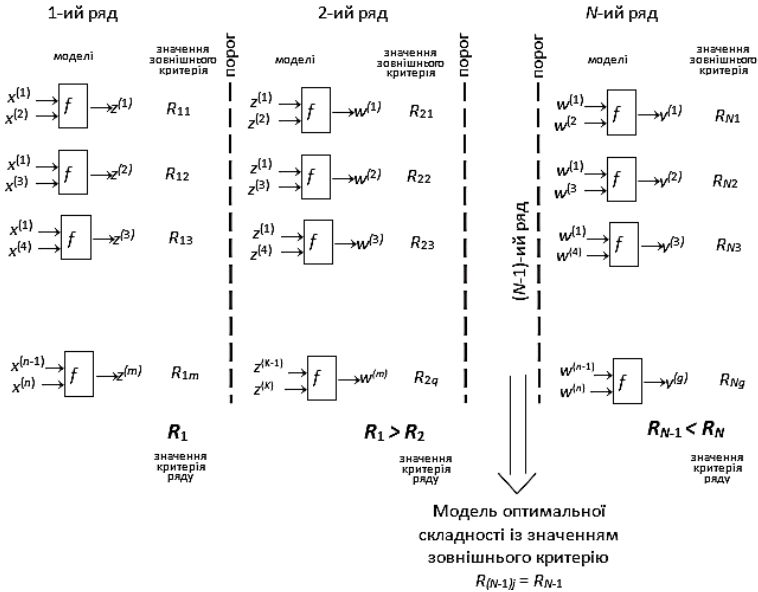


Рис. 1. Багаторядний алгоритм на основі МГУА (R – зовнішній критерій ряду, який визначається як зовнішній критерій моделі ряду з найменшим його значенням. f – опорна функція, за якою будуються бінарні моделі)

Багаторядний алгоритм дозволяє створювати моделі оптимальної складності навіть при великій кількості параметрів. При поступовому збільшенні складності моделі значення зовнішніх критеріїв спочатку падає, досягає мінімуму, а потім або залишається постійним, або починає збільшуватися. Мінімуму зовнішнього критерія відповідає модель оптимальної складності [2].

Для побудови моделей та подальшого розрахунку їх зовнішнього критерію початкову вибірку даних поділять на дві частини A та B – навчальну та тестову. Для розрахунку зовнішнього критерію обрано комбінацію двох якісних оцінок моделей, що генеруються - регулярного критерію та

критерію мінімуму зсуву. Критерій регулярності потребує, щоб середньоквадратична помилка, розрахована за даними частини таблиці B , що є тестовою вибіркою початкових даних, була мінімальною. Для розрахунку регулярного критерію використовується наступна формула:

$$\Delta^2(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} (y_{\text{табл}} - y_m)_i^2}{\sum_{i=1}^{N_B} (y_{\text{табл}})_i^2} \rightarrow \min,$$

де $(y_{\text{табл}})_i$ - табличні значення вихідної змінної в точці x_i таблиці даних B , $i=1, \dots, N_B$; $(y_m)_i$ - значення вихідної змінної в точці x_i таблиці даних B , $i=1, \dots, N_B$, що розраховане за моделлю, яка була отримана за даними частини таблиці A .

Для розрахунку критерію мінімуму зсуву n^2 використовується наступна формула:

$$n^2 = \frac{\sum_{i=1}^{\alpha N} (y_A - y_B)_i^2}{\alpha \sum_{i=1}^{\alpha N} (y_{\text{табл}})_i^2} \rightarrow \min,$$

де $(y_{\text{табл}})_i$ - табличні дані вихідної змінної в усіх точках таблиці даних $i=1, \dots, N$ ($N=N_A+N_B$); y_A -модель, отримана на частині таблиці даних A ; $(y_A)_i$ - значення вихідної змінної, розраховане по моделі y_A в точці x_i $i=1, \dots, \alpha N$; y_B - модель, отримана на частині таблиці даних B ; $(y_B)_i$ - значення вихідної змінної, розраховане по моделі y_B в точці x_i $i=1, \dots, \alpha N$; α - коефіцієнт екстраполяції, рекомендовані значення якого в інтервалі $\alpha \in [1,5; 3,0]$.

Моделі, що перебираються у процесі селекції мають наступний вигляд:

$$y = b_0 + b_1 f_1(x) + b_2 f_2(x) + b_3 f_3(x) + \dots + b_n f_n(x).$$

Тут $f(x)$ - це опорна функція моделі. Вибір опорних функцій для моделей залежить від природи процесів, що досліджуються, проте більшість реалізованих алгоритмів на основі МГУА використовують поліноміальні опорні функції як поліном Колмогорова-Габора [1].

Коефіцієнти матриці b розраховуються за допомогою системи нормальних рівнянь у матричному вигляді:

$$b = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T y.$$

Матриця X та вектор y формуються на основі даних навчальної вибірки та мають такий вигляд:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & f_1(x_1) & \dots & f_k(x_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & f_1(x_n) & \dots & f_k(x_n) \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}.$$

Для використання навчальних та тестових даних при селекції моделей (всіх рядів, окрім першого) їх необхідно адаптувати для нових моделей. Для тих моделей, що виявились найліпшими на першому ряду,

формується таблиця даних наступним чином. Значення вхідних змінних пропускаються через найліпші моделі першого ряду і отримуються значення вихідних змінних моделей першого ряду, що будуть використовуватися для навчання та тестування моделями наступного ряду.

Перехід до наступного ряду здійснюється за умови, що значення критерію ряду зменшується, тобто якщо значення зовнішнього критерію найліпшої моделі ряду менше, ніж значення зовнішнього критерію для попереднього ряду. Іншими словами, доки ускладнення моделі спричиняє поліпшення значення критерію. Якщо значення критерію ряду більше за значення критерію попереднього ряду, то алгоритм зупиняється і відшукується єдина найліпша модель з моделей попереднього ряду. Саме ця модель вважається моделлю оптимальної складності.

У роботі [3] автори наводять три етапи роботи комбінаторного та багаторядного алгоритму, які можна вдосконалити за рахунок паралельних обчислень: операції з матрицями, розрахунок коефіцієнтів системи нормальних рівнянь та процес побудови моделей. Враховуючи порівняно невеликі витрати ресурсів на операції з матрицями та вирішення системи нормальних рівнянь, в роботі за допомогою паралельних обчислень було вдосконалено процеси побудови моделей та розрахунку їх зовнішнього критерію, а також процес формування нових наборів даних для наступного рядку, якщо виконується умова збереження мінімуму зовнішнього критерію. Задачі генерації моделей та розрахунку зовнішнього критерію для них порівну діляться між виділеними робочими процесами. Після закінчення роботи всіх процесів, створені моделі об'єднуються та виконується перевірка на збереження мінімуму зовнішнього критерію. Якщо зовнішній критерій залишається мінімальним, то за допомогою виділених робочих процесів вибірка даних адаптується для моделей поточного ряду та відбувається перехід генерації моделей наступного ряду. На рисунку 2 наведено схему паралельного обчислення багаторядного алгоритму.

На рисунку 3 наведено прискорення, отримане від використання паралельних обчислень при розробці багаторядного алгоритму для вибірки з 24 параметрами.

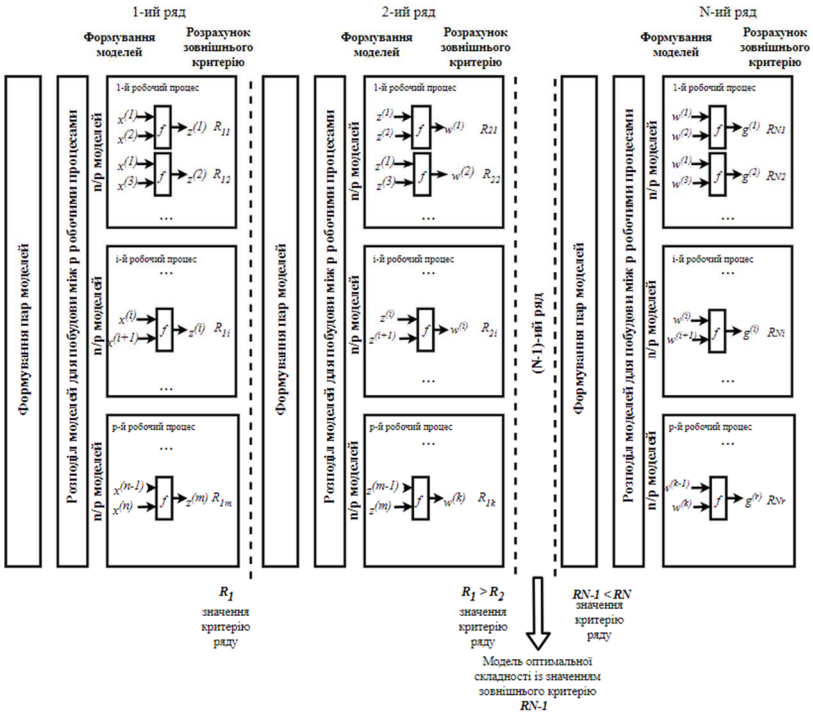


Рис. 2. Схема паралельного обчислення багаторядного алгоритму

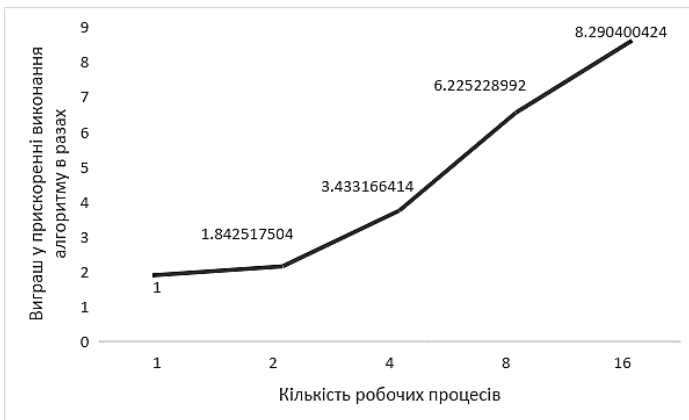


Рис. 3. Прискорення паралельного алгоритму для різної кількості робочих процесів

Література

1. Ivakhnenko A. G., Ivakhnenko G. A. The review of problems solvable by algorithms of the group method of data handling (GMDH) //Pattern Recognition And Image Analysis C/C Of Raspoznavaniye Obrazov I Analiz Izobrazhenii. –1995. – Т. 5. – С. 527-535.
2. Стеценко, І. В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І. В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – 399 с.
3. Stepushko V. S., Yefimenko S. M., Pavlov A. V. Recurrent-and-Parallel GMDH Algorithms for High-Performance Computing //Управляющие системы и машины. – 2019. - № 3. — С. 38-51.
4. Yefimenko S. Recurrent-and-parallel computing in the problem of vector autoregressive modelling //2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). – IEEE, 2017. – Т. 1. – С. 520-523.
5. Ивахненко А. Г., Мюллер Й. А. Самоорганизация прогнозирующих моделей. – Техніка, 1985. – 224 с.

УДК 004.65:504

ОСОБЛИВОСТІ СЕКЦІОНУВАННЯ У PostgreSQL НА ПРИКЛАДІ БАЗИ ДАНИХ СИСТЕМ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

К. В. Хурцилава, С. Я. Майстренко, Т. О. Донцов-Загребя

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Дані прогнозування екологічного забруднення містять як просторові, так і непросторові компоненти, що, як правило, мають значний об'єм. Оскільки моделювання виконується на розрахунковій сітці для певного набору показників та періоду прогнозу, кількість записів в БД може сягати декілька млн. на один розрахунок [1]. Що при накопиченні прогнозів призводить до неприйнятної часу виконання запитів.

Як вказано у [2] PostgreSQL може зберігати до 32 Тб в одній таблиці, якщо використовуються блоки по 8 кілобайтів. А також до 128 Тб, якщо використовуються блоки по 32 кілобайти. Однак, такі великі таблиці зовсім не обов'язкові, й має сенс ділити їх на частини (секціонувати), для полегшення, а в деяких випадках і прискорення обробки.

Розробник компанії «Postgres Pro» Іван Фролков [3] стверджує, що великі таблиці краще секціонувати в усіх СУБД, й це особливо актуально у PostgreSQL через «наш улюблений VACUUM». Іван Фролков

радить секціонувати таблиці починаючи зі 100 Гб, або навіть 50 Гб. Також він вказує, що йому відомі терабайтні таблиці без секцій, що працювали на SSD, «але це забагато, краще б їх порізати».

Іноді для тих же цілей, що й секціонування, намагаються використовувати часткові індекси (partial indexes), але як вказується у документації PostgreSQL [4], цього не слід робити. Це погана ідея, бо система не розуміє зв'язку між частковими індексами, й буде старанно перевіряти усі часткові індекси даної таблиці, щоб визначити частковий індекс, потрібний для даного конкретного запиту.

Розглянемо існуючі у PostgreSQL методи секціонування таблиць.

Секціонування таблиць на основі успадкування [5]. Ця реалізація секціонування в PostgreSQL за допомогою успадкування таблиць, дуже схожого на успадкування у об'єктно-орієнтованих мовах програмування. Даний спосіб має значні обмеження, у тому числі й щодо продуктивності, і на теперішній час вже вважається застарілим. Щоправда, в деяких випадках все ще радять користуватися саме цим методом секціонування, як більш гнучким (5.11.3. Partitioning Using Inheritance) [6].

Декларативне секціонування таблиць [6]. Це сучасний спосіб секціонування таблиць, що з'явився у PostgreSQL 10. У версіях PostgreSQL з 10 по 13 його реалізацію було значно удосконалено та поліпшено. Основні вдосконалення PostgreSQL наведено в таблиці 1 [2, с. 11-12; 7, с. 2433-2476; 8, с. 2366-2431; 9, с. 2418-2448].

Таблиця 1. Основні вдосконалення секціонування PostgreSQL 10-13.

| Вдосконалення | PostgreSQL 10 | PostgreSQL 11 | PostgreSQL 12 | PostgreSQL 13 |
|---|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Автоматичне створення індексів у секціях при створенні індексу на батьківській таблиці. | - | + | + | + |
| Створення глобально-унікального індексу. | - | З деякими обмеженнями. | З деякими обмеженнями. | З деякими обмеженнями. |
| Секція за замовчуванням. | - | + | + | + |
| Зовнішні ключі для секціонованих таблиць. | - | + | + | + |
| Обмеження секцій у вигляді виразів. | - | - | + | + |

| Вдосконалення | PostgreSQL 10 | PostgreSQL 11 | PostgreSQL 12 | PostgreSQL 13 |
|---|---------------|---------------|---------------|------------------------|
| Підтримка тригерів BEFORE на рівні рядка для секціонованих таблиць. | - | - | - | З деякими обмеженнями. |
| Секціонування на основі хешування ключових стовпців. | - | + | + | + |
| UPDATE для ключового стовпця переміщує вибрані стовпці до відповідної секції. | - | + | + | + |
| Створення первинного ключа для секціонованих таблиць. | - | + | + | + |

Суттєве зростання продуктивності, порівняно з попередніми версіями, відбулося у PostgreSQL 12 [10; с. 195-204]. Відзначимо, що під час розробки PostgreSQL 12 основна увага була зосереджена на масштабуванні секцій, щоб не просто покращити продуктивність, але покращити продуктивність при застосуванні більшої кількості секцій [10]. Наприклад, в [10] при порівняльних дослідженнях використовували до 8192 секцій. Взагалі, декларативне секціонування таблиць значно зручніше у користуванні ніж застаріле секціонування на основі успадкування, й при цьому радять використовувати новіші версії PostgreSQL [2, с. 202].

Авторами статті виконувалось тестування використання декларативного секціонування з використанням PostgreSQL 12. У нашому випадку у таблиці розміром більше 100 Гб зберігалися дані екологічних прогнозів. Кожний екологічний прогноз при цьому мав власний ідентифікатор. Запити стосувалися не більше ніж одного прогнозу. Тому, доцільно було використовувати секціонування таблиць «за списком» («List Partitioning») Це спосіб секціонування, при якому явно вказуються, які ключові значення будуть в кожній секції за вказаним ідентифікатором. При виконанні нового прогнозу необхідно створювати нові секції у відповідних таблицях БД. А при видаленні даних застарілого прогнозу необхідно виконувати також видалення секцій з відповідних таблиць. Оскільки, навіть при використанні каскадного видалення записів з таблиць БД «порожні» секції автоматично не видаляються.

Для автоматизації процесу створення та видалення секцій безпосередньо в системі авторами статті були створені відповідні функції PL/pgSQL [11]:

```
(=)createpartition(table_name character varying, forecast_id integer)
General Definition Code Options Parameters Security SQL
1 DECLARE
2     partition_name varchar(30);
3     sql_query text;
4 BEGIN
5     partition_name = table_name || '_' || forecast_id::varchar(10);
6     sql_query = format('CREATE TABLE %I PARTITION OF %I FOR VALUES IN (%L)', partition_name, table_name, forecast_id);
7     EXECUTE sql_query;
8     RETURN partition_name;
9 EXCEPTION
10    WHEN duplicate_table THEN
11        RAISE NOTICE 'caught duplicate_table';
12        RETURN 'duplicate_table';
13    WHEN OTHERS THEN
14        RAISE NOTICE 'caught others';
15        RETURN 'others';
16 END;
```

Рис. 1. Функція для створення нової секції

Таким чином, в результаті виконання роботи було проаналізовано особливості секціонування в різних версіях PostgreSQL (10 – 13) та проведено порівняння наявних методів секціонування.

Результати досліджень були використані при виконанні тестування декларативного секціонування з використанням PostgreSQL 12. В процесі тестування були розроблені функції для автоматизації процесу створення та видалення секцій, які розміщені за посиланням [11] та можуть використовуватись спільнотою розробників веб-систем.

Література

1. Майстренко С. Я., Халченков О. В., Донцов-Загреба Т. О., Беспалов В. П., Хурцилава К. В., Полонський О. О., Ковалець І. В. Веб-система прогнозування атмосферного забруднення в Україні на основі ланцюга моделей прогнозу погоди та атмосферної дисперсії. Математичні машини і системи 2019. № 2. С. 71-79.
2. Schönig H. Mastering PostgreSQL 12 / Hans-Jürgen Schönig. – Birmingham: Packt Publishing, 2019. – 455 с. – (3).
3. Фролков И. Типичные ошибки при работе с PostgreSQL. Часть 1 [Електронний ресурс] / Иван Фролков. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/postgrespro/blog/442462/>.

4. Partial Indexes [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.postgresql.org/docs/current/indexes-partial.html>.
5. Partitioning [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.postgresql.org/docs/9.6/ddl-partitioning.html>.
6. Rowley D. PostgreSQL 12: Partitioning is now faster [Електронний ресурс] / David Rowley – Режим доступу до ресурсу: <https://www.2ndquadrant.com/en/blog/postgresql-12-partitioning/>.
7. PostgreSQL 12.6 Documentation, 2021. – 2735 с.
8. PostgreSQL 11.11 Documentation, 2021. – 2685 с.
9. PostgreSQL 13.2 Documentation, 2021. – 2725 с.
10. Rowley D. PostgreSQL 12: Partitioning is now faster [Електронний ресурс] / David Rowley – Режим доступу до ресурсу: <https://www.2ndquadrant.com/en/blog/postgresql-12-partitioning/>.
11. dynamicPartitioningPostgreSQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/IMMSPgisgroup/dynamicPartitioningPostgreSQL/blob/0f9a3d3cd1c9b1767bb04bbb50929bdb6f5a5ac6/dynamicPartitioningPostgreSQL.sql>.

UDC 517.957

АВТОМАТИЧНА ГЕНЕРАЦІЯ НАВЧАЛЬНИХ ТЕСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОЇ ОБРОБКИ ПРИРОДНО- МОВНИХ ТЕКСТІВ

Ковальов Д. І., Волошин О. Ф.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ,
Україна*

Центральний принцип формальної семантики полягає в композиційному відношенні між синтаксисом і семантикою. Принцип композиційності можна виразити таким чином: значення виразу є функція його частин та способу їх синтаксичної комбінації. При цьому істинність визначається не абсолютно, а в межах певної моделі [2].

Можливі два підходи до вивчення семантико-синтаксичних зв'язків: описати синтаксис природної мови (в нашому випадку української) і інтерпретувати вирази мови в моделях; використовувати проміжну логічну мову, для чого описати синтаксис і семантику досить близького до природної логічної мови; при цьому опис семантики природної мови зводиться до подання тексту в сконструйованій логічній мові.

Для рішення більшості практичних цілей другий підхід видається більш перспективним, оскільки дозволяє реалізувати описані вище плюси логічного представлення мов.

В роботі [1] Монтегю використовує пару координат - можливі світи і тимчасові проміжки, щодо яких для кожного виразу визначаються інтенціонал і екстенціонал. Моделлю для інтенціональної логіки Монтегю є п'ятірка виду: $M = \langle D, W, T, \leq, I \rangle$, де D - множина індивідів; W - множина можливих світів; T - множина моментів; \leq - відношення порядку, задане на T ; I - інтерпретувальна функція, яка надає семантичні значення всім констант.

Семантична інтерпретація інтенціональної логіки використовує множину оцінок $S = \{g_i | i = 1, \dots, n\}$, які є множиною функцій, що відображають змінні всіх типів в множині відповідних значень (g - функція приписування значення змінної); $\alpha^{M,g}$ - інтенціонал вираження щодо моделі M і функції приписування g ; $\alpha^{M,w,t,g}$ - екстенціонал виразу α щодо M , g і точки співвіднесення $\langle w, t \rangle$, де $w \in W, t \in T$.

З точки зору реалізації технічної системи можна виділити наступні фрагменти обробки текстової інформації засобами формальної семантики (рис. 1)[1].

Формальне представлення не залежить від конкретної мови і є єдиним для багатьох реалізацій мовних складових. Зараз основні дослідження зосереджені в області природно-мовної складової (з внесенням необхідних змін до постулату значення).

На мовну складову вводяться обмеження таким чином, щоб вона представляла підмножину природної мови, мінімально необхідну для подання простих мовних фраз.

Сучасне вивчення формальної семантики зводиться саме до визначення способів переходу від природно-мовного уявлення до формалізованого логічного. Можуть бути різні способи таких переходів.



Рис. 1. Обробка текстової інформації у формальній семантиці на основі інтенціональної логіки Монтегю

Принципи розробки системи автоматичної генерації навчальних тестів. З метою практичної апробації підходу пропонується розробка

окремого програмного модулю, що дозволяє формувати тестові завдання для подальшої їх передачі до загальної системи тестування

Основна ідея запропонованого методу полягає у створенні системи, яка автоматично генерує тестові завдання на електронні навчальні посібники і представляє їх викладачу, який, у свою чергу, може використовувати їх для завершення тесту, а потім оцінити студентів.

Система приймає текст інструкцій для вступу і форми випробування завдань на вихід. Потім згенеровані завдання тесту представлені викладачу, який вибирає та редагує завдання, якщо вони знайдуться корисними.

Основними засобами, що реалізують даний підхід, є лінгвістичні процесори, які один за одним обробляють вхідний текст. Вхід одного процесора є виходом іншого. Для отримання тестових завдань різних видів в цьому підході застосовуються різні види алгоритмів синтезу питань. ці алгоритми відрізняються глибиною аналізу природної мови, і їх можна розділити на дві групи.

Алгоритми першої групи здійснюють заміну шуканого слова в реченні на комбінацію символів «?» (По кожній пропозиції вихідного тексту може бути побудовано не більше одного питання).

До цієї групи відносяться такі алгоритми: пошук скорочень (абревіатур), пошук чисельних значень, генерація на основі визначень, генерація з конструкцій «якщо ..., то ...».

Алгоритми цієї групи ґрунтуються на тривіальній перегляді фрази і пошуку необхідних символів (або ж конкретних слів). Ці алгоритми найбільш просто реалізуються на практиці і відрізняються відносно високою швидкістю, однак часто повертають неприйнятні результати. Алгоритми другої групи виконують побудову питання за результатами синтаксичного аналізу тексту.

Слід зазначити, що, якщо текст обробляється тільки до рівня синтаксису без урахування семантики, то не всі згенеровані питання можуть бути доречними в даній предметній області. Внаслідок цього на користувача може лягти досить трудомістка задача відбору питань. Проте, випробування підходу на конкретних навчальних дисциплінах показали, що навіть при такій реалізації підхід дає відносно непогані результати. Наприклад, в випадку навчального посібника з дисципліни «Моделі та методи прийняття рішень» (авт. О. Ф. Волошин та С. О. Мащенко) за допомогою алгоритмів другої групи вдалося отримати 42% завдань, придатних для використання в тесті без зміни, і 24% завдань, з яких можна отримати придатні завдання шляхом редагування (тобто більше половини отриманих завдань виявилися придатними для складання тестів за тієї меншої чи більшої ступені участі викладача). Алгоритми першої групи демонстрували високу корисність при аналізі посібників, що містять велику кількість чисел, але в інших випадках часто виявлялися малоефективними (близько 15% придатних завдань).

Література

1. Montague, R. English as a formal language / R. Montague, edited by R. H. Thomason // Formal Philosophy. – Yale University Press, 1974.
2. Швецов, А. Н. Построение приближенной концептуальной модели предметной области на основе анализа смысла естественно-языковых текстов / А. Н. Швецов, В. С. Алешин // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM'2003 : сб. докл. Т. 2. – СПб., 2003. – С. 120 – 123.

ЕЛІПТИЧНІ МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ СІТКИ ПОВЕРХНІ

Л. В. Халанчук¹, С. В. Чопоров²

*¹Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, Україна*

²Запорізький національний університет, Україна

Враховуючи інтенсивний розвиток комп'ютерних технологій, особливого значення набуває математичне моделювання різноманітних фізичних процесів. Багато таких процесів описується рівняннями з частинними похідними, аналітичний розв'язок яких іноді неможливо отримати через складність отриманих рівнянь, складну геометрію області чи інші фактори. Тому чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними широко застосовуються в різних областях науки і техніки. Під час чисельних методів розв'язок шукають у вузлах сітки, на яку розбивається розрахункова область. Задача побудови розрахункової сітки полягає в пошуку відображення, що переводить вузли сітки з фізичної області в розрахункову. Таке відображення повинно задовольняти багатьом умовам відповідно до поставленої задачі. Наприклад, сітка повинна мати згущення в тій області, де можлива поява великих градієнтів шуканих функцій. Тому дослідження методів деформації сітки є актуальною задачею.

Для розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними часто бажана адаптивна стратегія, одним із важливих підходів якої є метод деформації сітки [1]. Він застосовується до різних фізичних та інженерних проблем, таких як горіння, ударні хвилі, реакції дифузії та двофазні потоки [2-4]. В роботах [5-6] розглянуто методи деформації структурованої сітки з використанням контролюючих функцій диференціального рівняння Пуассона. Дослідження згущення вузлів сітки через контрольні функції, що задавали області діагональних ліній,

круга, синусоїди за допомогою рівняння Ейлера, що застосовується в задачах газової динаміки, показано в статті [7]. Враховуючи широке застосування структурованих сіток в прикладних задачах, можна стверджувати, що розробка методів генерації дискретних моделей, скінченні елементи яких згущуються в місцях концентрації напруги і в місцях, де конструкція має особливу форму, є актуальною задачею.

Метою даної роботи є аналіз актуального стану проблеми керування згущенням сітки під час автоматичної побудови структурованих дискретних моделей (сіток) геометричних об'єктів, що представлені поверхнями тіл обертання.

В структурованих сітках алгоритм нумерації вузлів і визначення комірок, узгоджених з межею, доволі простий. Конструкція таких сіток дозволяє легко збільшувати кількість вузлів для оцінки збіжності, похибки і для підвищення точності чисельних методів розв'язку крайових задач. Диференціальні методи на основі еліптичних і параболічних рівнянь дають гладкі внутрішні координатні лінії, тому є можливість будувати ортогональні лінії та лінії, що згущуються. Розглянемо диференціальний метод на прикладі еліптичного рівняння. Для криволінійної розрахункової області при побудові сітки використовують перетворення координат, що дозволяє криволінійну фізичну область в системі координат (x, y) перевести до прямокутної розрахункової області в системі (ξ, η) . Зв'язок між фізичною та розрахунковою областями визначається залежностями:

$$x = x(\xi, \eta), \quad y = y(\xi, \eta). \quad (1)$$

У найпростішому узагальненому вигляді, з урахуванням перетворення з фізичної до розрахункової області координат (1), маємо рівняння Лапласа для генерації структурованої сітки, що дозволяють отримати рівномірну сітку. Для отримання згущення сітки в потрібних областях використовують контрольні функції $P(\xi, \eta)$, $Q(\xi, \eta)$ і рівняння Пуассона:

$$\nabla^2 \xi = P(\xi, \eta), \quad \nabla^2 \eta = Q(\xi, \eta). \quad (2)$$

Оскільки лінії сітки задають в просторі (ξ, η) , то необхідно отримати залежності $x = x(\xi, \eta)$, $y = y(\xi, \eta)$, тому залежні і незалежні змінні в рівнянні (2) необхідно поміняти місцями. Розв'язок системи (2) в розрахунковій області системи координат (ξ, η) отримує вигляд:

$$\begin{cases} g_{22} \frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2} - 2g_{12} \frac{\partial^2 x}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11} \frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2} + g \left(P(\xi, \eta) \frac{\partial x}{\partial \xi} + Q(\xi, \eta) \frac{\partial x}{\partial \eta} \right) = 0, \\ g_{22} \frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} - 2g_{12} \frac{\partial^2 y}{\partial \xi \partial \eta} + g_{11} \frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} + g \left(P(\xi, \eta) \frac{\partial y}{\partial \xi} + Q(\xi, \eta) \frac{\partial y}{\partial \eta} \right) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де

$$g_{11} = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \xi}\right)^2, \quad g_{12} = \frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta},$$

$$g_{22} = \left(\frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \eta}\right)^2, \quad g = \left(\frac{\partial x}{\partial \xi} \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial y}{\partial \xi} \frac{\partial x}{\partial \eta}\right)^2. \quad (4)$$

У загальному випадку рівняння (3) є нелінійними, тому розв'язуються чисельно, використовуючи, наприклад, різницеві схеми. Розглянемо згущення вузлів до певної координатної лінії, для цього можна використати контрольні функції, що можуть бути задані формулами:

$$P(\xi, \eta) = -\sum_{n=1}^N a_n \frac{(\xi - \xi_n)}{|\xi - \xi_n|} e^{-c_n |\xi - \xi_n|}, \quad (5)$$

$$Q(\xi, \eta) = -\sum_{n=1}^N a_n \frac{(\eta - \eta_n)}{|\eta - \eta_n|} e^{-c_n |\eta - \eta_n|}, \quad (6)$$

де N – кількість ліній (координатних ліній $\xi = \xi_n$ та $\eta = \eta_n$), біля яких сітка повинна згущуватися, а коефіцієнти a_n, c_n – додатні параметри.

Функція (5) приводить до суміщення ліній $\xi = const$ до лінії $\xi = \xi_n$, а функція (6) приводить до суміщення ліній $\eta = const$ до лінії $\eta = \eta_n$. Вплив параметрів контрольних функцій (5) та (6) на якість сітки під час 2D моделювання було розглянуто в статтях [5-6].

Розглянемо вплив параметрів контрольних функцій (5) та (6) на сітку, що є моделлю поверхні. Виконаємо дослідження поверхні обертання. Оскільки циліндричні та конічні форми розповсюджені в інженерних конструкціях, то дослідження згущення сітки таких поверхонь в місцях концентрації напруги є актуальною задачею. Виконуємо генерацію сітки в пакеті програм Scilab за допомогою формул (3)-(4), а згущення по вертикальним лініям за допомогою формули (6). Під час дослідження було розглянуто комбінації поверхонь наступних тіл обертання: циліндра та конуса, циліндра та сфери та двох конічних поверхонь (рис. 1).

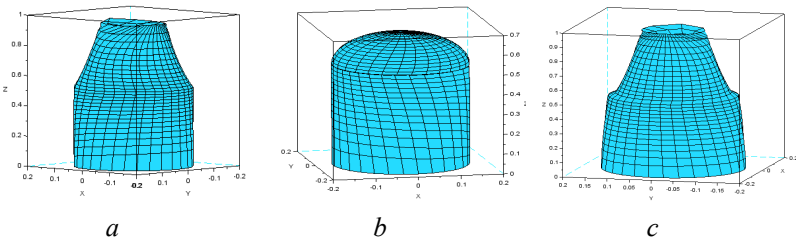


Рисунок 1. Згущення сітки під час комбінації поверхонь: *a)* циліндр та конус; *b)* циліндр та сфера; *c)* 2 конічні поверхні.

Висновки. В роботі було розглянуто методи побудови структурованих дискретних моделей на прикладі вже відомих поверхонь. Особлива

увага була приділена дослідженню впливу контрольних функцій на керування сіткою. В роботі виконано генерацію сітки на прикладі диференціального рівняння Пуассона. Для деформації сітки застосовано контролюючі функції, за допомогою яких можна побудувати згущення до необхідних координатних ліній. Досліджено вплив параметрів контролюючих функцій на якість отриманої сітки – ортогональність координатних ліній. Для демонстрації згущення в пакеті програм Scilab обрано поверхні тіл обертання та їх комбінації, що мають кращі властивості обтікання порівняно з поверхнями многогранників та широко застосовуються в аеробудівній та ракетобудівній галузі.

Література

1. Xia K., Zhan M., Wan D., Wei G.W. Adaptively deformed mesh based interface method for elliptic equations with discontinuous coefficients // *J Comput Phys.*, 2012. – № 231 (4). – P. 1440–1461.
2. Huang W, Ma J. T, Russell R. D. A study of moving mesh PDE methods for numerical simulation of blowup in reaction diffusion equations // *J Comput Phys.*, 2008. – № 227. – P. 6532–6552.
3. Wan D. C., Turek S. An efficient multigrid-FEM method for the simulation of solid-liquid two phase flows // *J Computational and Applied Mathematics*, 2007. – № 203. – P. 561–580.
4. Wan D. C., Turek S. Fictitious boundary and moving mesh methods for the numerical simulation of rigid particulate flows // *J Comput Phys.*, 2007. – № 222. – P. 28–56.
5. Халанчук Л. В., Чопоров С. В. Дослідження генерації нерівномірних структурованих дискретних моделей двовимірних геометричних об'єктів // *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*, 2020. – № 1. – С. 106-112.
6. Халанчук Л. В., Чопоров С. В. Розробка методу побудови нерівномірних сіток на базі диференціального рівняння Пуассона // *Прикладні питання математичного моделювання. – Херсон: Херсонський національний технічний університет*, 2020. – 3, № 2.2. – С. 274-282.
7. Вальгер С. А., Федорова Н. Н. Применение алгоритма к адаптации расчетной сетки к решению уравнений Эйлера. // *Вычислительные технологии*, 2012. – 17, № 3. – С. 24-33.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ З ВІДНОСНИМ ПРІОРИТЕТОМ ОБСЛУГОВУВАННЯ

М. Т. Дехтярук¹, В. М. Черевик²

¹*Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»,
Київ.*

²*Державний університет телекомунікацій, Київ.*

Транспорт є однією з найважливіших галузей економіки держави і належить до сфери виробництва матеріальних послуг. Основні резерви вдосконалення транспортного-логістичного процесу знаходяться в раціональній організації взаємодії учасників ланцюга доставки, у погодженні їх інтересів та пошуку взаємовигідних та придатних рішень [1].

Розвитку питань теорії й практики організації транспортних вантажних перевезень приділяється значна увага у наукових публікаціях [2, 3]. Аналіз результатів проведених досліджень показує, що у цих роботах використовуються різні аналітичні методи організації переміщення вантажопотоків і режимів роботи окремих елементів і ланок логістичних систем. В той же час, використання новітніх інформаційних технологій та систем сприяє підвищенню ефективності транспортних перевезень [4].

Метою даної роботи є розробка комп'ютерної імітаційної моделі роботи транспортного перевантажувального комплексу, в якому вхідний потік машин обслуговується за правилом відносних пріоритетів, з використанням сучасних комп'ютерних інформаційних технологій—системи об'єктно-орієнтованого програмування Embarcadero RAD Studio XE10 [5].

За допомогою комп'ютерної моделі провести імітаційне моделювання роботи перевантажувального комплексу, та виконати розрахунок основних параметрів комплексу—довжину черги й час очікування в черзі та інші, в залежності від інтенсивності вхідного потоку машин і продуктивності каналу обслуговування, з метою аналізу та вибору оптимальних режимів роботи комплексу.

Оскільки моменти приходу вимог на обслуговування - випадкові величини, довжина черги й час очікування обслуговування також будуть випадковими; тому в результаті моделювання потрібно визначити їхні статистичні характеристики; середнє значення, дисперсію, гістограму роботи.

Об'єктом дослідження є транспортний перевантажувальний комплекс (рис. 1), в який приходять два типи машин: перший складається з машин, що прибувають на розвантаження (час обслуговування таких машин становить τ_1 ; другий – з машин, що прибувають на навантаження (час обслуговування таких машин дорівнює τ_2).

Перевантажувальний комплекс може обслуговувати одночасно тільки одну машину. Якщо в момент прибуття нової машини канал обслуговування зайнятий, то вона стає в одну із двох черг: одна складається з машин, що прибувають на розвантаження, інша - з машин, що прибувають на навантаження.

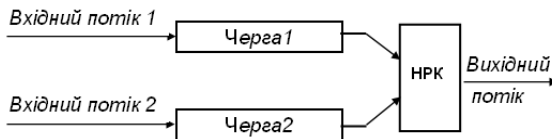


Рис. 1. Структурна схема роботи перевантажувального комплексу

Обслуговування машин провадиться в такому порядку: у момент звільнення каналу обслуговування починається обслуговування машини, що стоїть першою в черзі на розвантаження. Тільки якщо ця черга порожня, то обслуговується перша машина з черги на навантаження (виражаючись мовою теорії черг, можна сказати, що обслуговування машин в системі виконуються за правилом відносних пріоритетів). При цьому перевантажувальний комплекс розглядається, як система масового обслуговування (СМО).

Для розробки комп'ютерної імітаційної моделі роботи перевантажувального комплексу були побудовані схеми алгоритмів моделювання окремих елементів перевантажувального комплексу (вхідного потоку 1 та черги 1, каналу обслуговування) і схема загального алгоритму моделювання роботи комплексу. Схема алгоритму всієї моделі системи зображена на рис. 2.

Моделювання роботи всього перевантажувального комплексу виконувалося за схемою алгоритму, зображеного на рис. 2, що забезпечує правильну послідовність чергування подій у моделі системи. Такими подіями є (блок 4 на рис. 2):

1. Робота першої черги;
2. Робота другої черги;
3. Робота каналу обслуговування;
4. Обчислення й друкування статистичних характеристик;
5. Закінчення роботи системи.

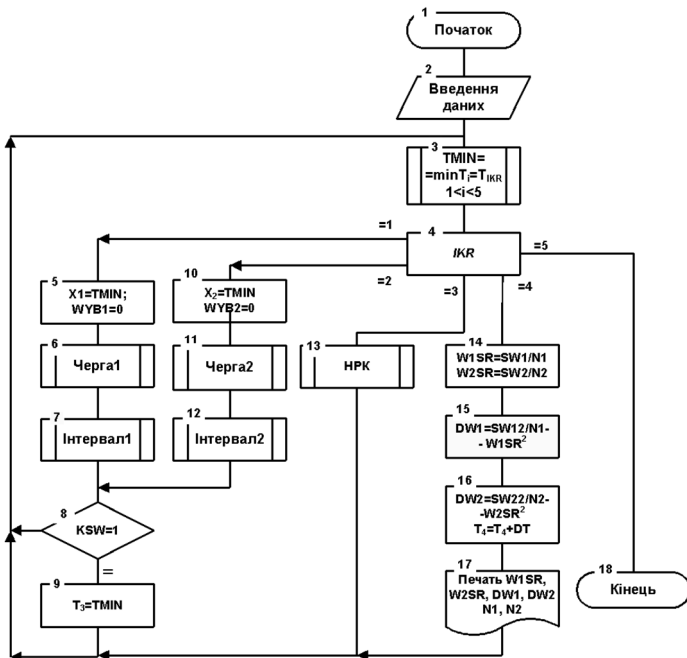


Рис. 2. Схема загального алгоритму моделювання роботи перевантажувального комплексу

На основі отриманих алгоритмів розроблена комп'ютерна імітаційна модель роботи перевантажувального комплексу, в системі об'єктно-орієнтованого програмування Embarcadero RAD Studio XE10. На рис. 3 показано вікно комп'ютерної імітаційної моделі роботи перевантажувального комплексу.

За допомогою комп'ютерної імітаційної моделі виконано розрахунок основних статистичних параметрів комплексу—загального і середнього часу очікування машин в черзі, загальної і середньої довжини черги, а також їх дисперсії, в залежності від інтенсивності вхідного потоку машин і продуктивності каналу обслуговування.

Розраховувалися, також, наступні параметри роботи системи: загальна і середня кількість машин з першої і другої черг, що обслуговуються за 1 годину її роботи; середня кількість машин, що залишилися в першій і другій чергах; середня кількість машин, що одержали відмову в обслуговуванні з першої і другої черг.



Рис. 3. Вікно комп'ютерної імітаційної моделі перевантажувального комплексу

Висновки. Розроблена в роботі комп'ютерна імітаційна модель перевантажувального комплексу дає можливість проводити аналіз та вибір оптимальних режимів роботи комплексу і забезпечує оптимальне використання транспортних та навантажувально-розвантажувальних засобів.

Література

1. Миротин Л. Б. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Л. Б. Миротин, В. А. Гудков, З. З. Зырянов. – М.: Горькая линия. Телеком, 2019. – 704 с.
2. Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – М.: Изд. Юрайт, 2018. – 359 с.
3. Ивуть Р. Б. Транспортная логистика / Под ред. Р. Б. Ивуть, Т. Р. Кисель. – Минск : БНТУ, 2019. – 377 с.
4. Сергеев, В. И. Логистика. Информационные системы и технологии / В. И. Сергеев, М. Н. Григорьев, С. А. Уваров. – М. : Альфа-пресс, 2017. – 608 с.
5. RAD Studio XE10 Seattle Product Reviewer's Guide [Electronic resource] / Available at: <http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/XE10>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ Й ВІДБОРУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

О. І. Лактіонов

*Відокремлений структурний підрозділ
«Полтавський політехнічний фаховий коледж
Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»*

Дослідження останніх років у галузі інформаційних технологій вказують на розвиток методологій оцінювання й відбору об'єктів (альтернатив) складних систем, що використовують при прийнятті управлінських рішень [1, 2]. Головою особливістю досліджень є недостатнє врахування специфіки системи «Верстатник–Оброблювальний центр–Керуюча програма виготовлення деталі», далі ВОКП. Тому, враховуючи існуючий досвід, це дослідження має на меті підвищення ефективності процесу прийняття рішень за рахунок використання індексу якості взаємодії елементів підсистем ($I_{яв}$) [3]. Процес оцінювання складних систем ВОКП розглядався нами в попередньому дослідженні, де було здійснено верифікацію індексу ($I_{яв}$) з використанням змодельованих можливих комбінацій первинних оцінок $f(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i})$. За результатами дослідження доведено адекватність запропонованого індексу ($I_{яв}$). Розроблений алгоритм вказаного методу програмно реалізований мовою програмування РНР з метою накопичення первинних оцінок й об'єднання їх у індекси ($I_{яв}$).

Експериментальна верифікація технології оцінювання й відбору систем ВОКП передбачала розширення існуючої моделі генеральної сукупності з 419 систем ВОКП, котра розподілена за підсистемами (соціальна, технічна та інформаційна) до 541 системи. Після чого здійснювалося формування репрезентативної досліджуваної вибірки n_i та визначення планової вибірки n_{in} [4]. Планова вибірка сформована відповідно до ресурсу дослідження та при певних умовах складає $n_{in} = 300$ систем ВОКП. Досліджувана вибірка сформована з використанням статистичного підходу [4], де встановлено $n_i = 233$ системи ВОКП. Але, з [4] відомо, враховуючи респондентів, котрі можуть відмовитися від анкетування, обсяг вказаної вибірки збільшено до $n_i = 291$ системи ВОКП. Узгодження рівності планової та досліджуваної вибірок на рівні значимості $\alpha = 0,05$ здійснювалося за відомим F-Критерієм, де доведено гіпотезу про рівність вибірок.

За результатами дослідження проведено два діагностичних зрізи (2021 р.), $n_d=291$ систем ВОКП. Накопичені індексні оцінки ($I_{яв}$) за два зрізи використовувалися для експериментальної верифікації методу, де доведено його адекватність та визначено переваги за ознакою середньоквадратичного відхилення, див. Табл.1.

Таблиця 1. Експериментальна верифікація індексу якості взаємодії елементів підсистем системи за ознакою середньоквадратичного відхилення, 1-й і 2-й діагностичні зрізи 2021 р.

| 1-й діагностичний зріз, 2021 р. | | 2-й діагностичний зріз, 2021 р. | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| Запропонований індекс | Відомий індекс | Запропонований індекс | Відомий індекс |
| 0,75 | 0,849 | 0,789 | 0,818 |

Отриманий результат є підставою використання запропонованого методу при прийнятті рішень для відбору досліджуваних систем. Задача відбору множини систем ВОКП, $S=\{S_1, S_2, S_3, \dots, S_n\}$, кожна з яких оцінюється відповідним індексом, полягає у ранжуванні індексних оцінок систем ($I_{яв}$) за порядком спадання використовуючи критерії $K=\{K_1, K_2\}$, Лапласа та Севіджа [5].

Експериментальна верифікація технології відбору здійснювалася з використанням досліджуваної вибірки $n_d=291$ система ВОКП (перший і другий діагностичні зрізи 2021 р.), де вирішувалася задача відбору систем ВОКП, що проходила у два етапи. На першому етапі використовувався запропонований та відомий індекси ($I_{яв}$) за допомогою яких здійснювалося ранжування систем ВОКП у порядку спадання. Результати експерименту показали списки систем ВОКП в яких не співпадали рангові місця у зв'язку з різницею середньоквадратичного відхилення. Під час другого етапу, відбір здійснювався за критеріями Лапласа та Севіджа, див. табл.2.

Таблиця 2. Прийняття рішень в умовах невизначеності за критерієм Лапласа й Севіджа на основі індексних оцінок ($I_{яв}$)

| Ранг | Система ВОКП | $I_{яв}$ 1-й зріз | $I_{яв}$ 2-й зріз | Критерій Лапласа |
|------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Система 77 | 3,845 | 3,845 | 7,69 |
| 2 | Система 136 | 2,208 | 5,0 | 7,208 |
| 3 | Система 289 | 2,175 | 5,0 | 7,175 |
| 4 | Система 151 | 3,827 | 3,328 | 7,155 |
| 5 | Система 153 | 3,367 | 3,627 | 6,994 |

Так, з початку здійснювали ранжування індексних оцінок ($I_{\text{яв}}$) за критерієм Лапласа, а потім за критерієм Севіджа. Якщо за результатами 2-го діагностичного зрізу 2021 р. спостерігалось зменшення рівня індексу ($I_{\text{яв}}$), то таку систему опускали з відбору. Наприклад, при ранжуванні індексних оцінок ($I_{\text{яв}}$) за критерієм Лапласа, Система 151, досліджуваної вибірки $n_3=291$ систем ВОКП, займає 4 рангове місце, див. табл. 2. Проте, за критерієм Севіджа бачимо, що рівень індексу ($I_{\text{яв}}$) за результатами 2-го діагностичного зрізу, 2021 р. є меншим у порівнянні з 1-м діагностичним зрізом, 2021 р. Тому, з метою уникнення ризику, вказану систему не враховуємо при відборі.

Таким чином використання критеріїв Лапласа та Севіджа на основі індексних оцінок ($I_{\text{яв}}$) підвищує ефективність прийняття рішень при відборі систем ВОКП. Також показником переваги запропонованого підходу є неспівпадіння рангових місць у порівнянні з відомим. Але, це дослідження має ряд обмежень: не розглядалися методи нейронних мереж, не враховувалися методи класифікації на чому варто акцентувати увагу у наступних дослідженнях.

Література

1. Мулеса О. Ю. Метод нечіткої класифікації на основі послідовного аналізу вальда / О. Ю. Мулеса, В. Є. Снитюк, С. О. Герзанич. // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2019. – №4. – С. 35–41.

2. Лисецкий Ю. И. Информационные технологии поддержки принятия решений при построении корпоративных интегрированных информационных систем : дис. докт. техн. наук : 05.13.06 / Лисецкий Ю. И. – Киев, 2017. – 304 с.

3. Лактіонов О. І., Лисенко М. В. Обчислення індексу якості взаємодії оператора оброблювального центру з елементами технічної та інформаційної підсистем. «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика»: тези доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (Полтава, 06 листопада, 2020 р.). 2020. С. 20–24.

4. Самборський О. С. Обґрунтування вибору методу формування вибірки у дослідженнях фармацевтичного ринку / О. С. Самборський, М. М. Слободянюк, О. В. Шуванова. – Харків : Національний фармацевтичний університет МОЗ України, 2017. – 27 с.

5. Файнзільберг Л. С. Теорія прийняття рішень: підручник / Л. С. Файнзільберг, О. А. Жуковська, В. С. Якимчук. – Київ: Освіта України, 2018. – 246 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ФОРМУВАННЯ ВУЗЬКИХ МІСЦЬ У БАЛАНСУВАЛЬНИКА НАВАНТАЖЕННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

О. М. Хошаба, В. Ф. Гречанинов, А. В. Лопушанський, К. С. Завертайло

Інститут проблем математичних машин та систем НАН України

Хмарні інформаційні структури та розподілені системи створюються для забезпечення високої доступності (high availability), масштабованості (scalability) та надійності (reliability) шляхом об'єднання вузлів які являють собою робочі станції, сервери та мережеві обладнання у групи. Отже, під час навантаження на такі вузли за допомогою запитів користувачів, важливо щоб потоки даних були розподілені між ними якомога однаково [1-4].

Однак, при цьому буде виникати проблема у випадку коли вузли не будуть мати рівність у програмного-технічному забезпеченні, що є поширеним явищем у розподілених системах. Тоді, в цьому випадку, деякі вузли будуть перевантажені, а й інші будуть знаходитись у стані простою.

В деякій мірі, така проблема вирішується за допомогою адаптивного алгоритму балансування навантаженням для корпоративних серверних вузлів [5-8]. Тому, багато з таких методів розробки мають в своїй основі визначення оцінок ефективності роботи ресурсів вузлів розподілених систем на які йдуть навантаження.

В свою чергу, для оцінки ефективності обчислювальних та мережевих систем пропонується багато методів та стандартів [9-16]. Тим не менш, дослідження результатів таких методів роботи залишаються актуальними. Це відбувається внаслідок того, розробка та отримання оцінок роботи ресурсів вузлів розподіленої системи дозволяє користувачам зрозуміти вплив різних підходів до реалізації деяких методів на продуктивність обчислювальних та мережевих систем, що виникають в результаті формування вузьких місць у балансуванні навантаженням в розподілених системах.

В роботі були отримані результати початкових досліджень формування вузьких місць у балансуванні навантаженням в розподілених системах із використанням моделей, детермінованих та ймовірнісних методів дослідження. На першому кроці виконувалось вивчення взаємодії динамічного обміну даними між бенчмарком та пулом балансувальника навантаження, що дозволило виявити наступні характеристики порогів роботи ресурсів вузлів розподіленої системи.

Формування порогів для оцінок роботи ресурсів вузлів розподіленої системи (S0-S4) встановлювали наступним таким. Відсутність впливу навантаження пояснювали станом S0. Під час мінімального впливу навантаження де отримували значення, що не перевищували значень для синхронних каналів зв'язку, відносили до стану S1. Стани S2 і S3 визначали на основі розрахунку показників (Q1, Q2, Q3, IQR) з використанням розробленої програми на мові R.

Випадки, коли в результаті впливу навантаження під час обробки даних виникали помилки або втрачались запити, були віднесені до стану S4.

При визначенні станів S2 - S4 визначали локалізацію динамічних вузьких місць. В результаті обробки даних були отримані зведені таблиці та графіки (рис. 1), які були проаналізовані на локалізацію та ступень формування динамічних вузьких місць.

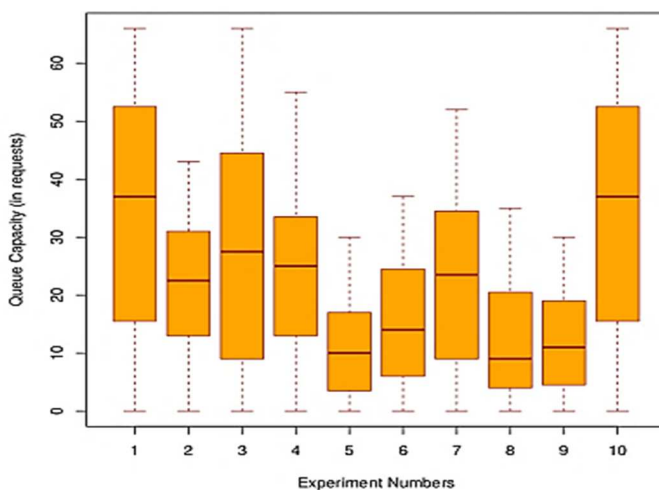


Рисунок 1. Результати вимірювань динаміки вузьких місць

На рис. 1 показані результати вимірювань динаміки вузьких місць, які з'явилися у пулі балансувальника навантажень. Більш детально про результати, що були отримані в ході проведення дослідження динаміки формування вузьких місць у балансувальника навантаження в розподілених системах буде розповідатись на конференції.

Таким чином, в роботі були отримані результати досліджень формування вузьких місць у балансувальника навантаження в розподілених системах із використанням моделей, програмних засобів, детермінованих та ймовірнісних методів дослідження.

Літэратура

1. Zolnikov Vladimir, Oksyuta O., Dayub, Nur. (2020). Load balancing in cloud computing. Modeling of systems and processes. 13. 25-32. 10.12737/2219-0767-2020-13-1-25-32.
2. Soundarabai Paulsingh, K. R. Venugopal, Patnaik Lalit. (2014). Situation based Load Balancer for Distributed Computing Systems.
3. Khiyaita A., Zbakh Mostapha, El Bakkali Hanan, Kettani, Dafir. (2012). Load balancing cloud computing: State of art. Proceedings of the 2nd National Days of Network Security and Systems, JNS2 2012. 106-109. 10.1109/JNS2.2012.6249253.
4. North David, Vasile Anthony. (2015). System and method for load balancing cloudbased accelerated transfer servers.
5. Lin WuCai, Zhang Lichen. (2016). The Adaptive Load Balancing Algorithm in Cloud Computing. 10.2991/wartia-16.2016.94.
6. Singh Manpreet, Gupta Vishal, Goyal SandipKumar. (2011). An Adaptive Load Balancing Algorithm for Computational Grid. Journal of Engineering and Technology. 1. 70. 10.4103/0976-8580.86636.
7. Park Geunyoung, Gu Boncheol, Heo Junyoung, Yi Sangho, Han Jungkyu, Park Jaemin, Min Hong, Piao Xuefeng, Cho Yookun, Park Changwon, Chung Ha, Lee Bongkyu, Lee Sangjun. (2006). Adaptive Load Balancing Mechanism for Server Cluster. 3983. 549-557. 10.1007/11751632_60.
8. Wu Ying, Luo Shuhua, Li Qing. (2013). An Adaptive Weighted Least-Load Balancing Algorithm Based on Server Cluster. Proceedings - 2013 5th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, IHMSC 2013. 1. 224-227. 10.1109/IHMSC.2013.60.
9. Shi Yingjie, Meng Xiaofeng, Zhao Jing, Hu Xiangmei, Liu Bingbing, Wang Haiping. (2010). Benchmarking cloud-based data management systems. 47-54.10.1145/1871929.1871938.
10. Gillam Lee, Li Bin, OLoughlin John. (2014). Benchmarking cloud performance for service level agreement parameters. Int. J. of Cloud Computing. 3. 3 - 23.10.1504/IJCC.2014.058828.
11. Sun Bin, Hall Brian, Wang Hu, Zhang Da, Ding Kai. (2014). Benchmarking Private Cloud Performance with User-Centric Metrics. Proceedings - 2014 IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2014. 311-318.10.1109/IC2E.2014.74.
12. Scheuner Joel, Leitner Philipp, Cito Jurgen, Gall Harald. (2014). Cloud WorkBench-Infrastructure-as-Code Based Cloud Benchmarking. Proceedings of the International Conference on Cloud Computing Technology and Science, CloudCom. 2015. 10.5167/uzh-98872.

13. Bermbach David, Wittern Erik, Tai Stefan. (2017). Cloud Service Benchmarking: Measuring Quality of Cloud Services from a Client Perspective. 10.1007/978-3-319-55483-9.

14. Rabl Tilmann, Frank Michael, Moussely Sergieh, Hatem Kosch Harald. (2010). A Data Generator for Cloud-Scale Benchmarking. 6417. 41-56. 10.1007/978-3-642-18206-8_4.

15. Iosup Alexandru, Capota Mihai, Hegeman Tim, Guo Yong, Ngai Wing, Varbanescu Ana, Verstraaten Merijn. (2015). Towards Benchmarking IaaS and PaaS Clouds for Graph Analytics. 109-131. 10.1007/978-3-319-20233-4_11.

16. Oussama Simite, Karim Afdel. (2018). Impact Live Migration on Cloud Performance. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.3186348.

УДК 004.89

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ МОДЕЛІ ЕКОСИСТЕМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Оксанич І. М., Гречанинов В. Ф., Лопушанський А. В.

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Вступ. Впродовж своєї історії людство постійно відчуває вплив надзвичайних ситуацій (НС) різного походження. Вони забирають багато людських життів, наносять колосальні економічні збитки, іноді руйнують те, що створювалось десятиліттями та навіть віками. Створена людством техносфера стала великим джерелом небезпеки, в тому числі в природних екосистемах. НС в таких системах, на жаль, є характерними для нашої країни. Їх спектр широкий: повені, лісові та інші пожежі, небезпеки в шахтах та на очисних спорудах, забруднення річок і якість води тощо.

Авторами проведено теоретичні дослідження і аналіз світового досвіду базових принципів та рішень щодо побудови систем автоматизованого управління для запобігання виникненню НС, зокрема — моделювання їх розвитку. В даній галузі накопичений великий потенціал.

Роль моделювання при реагуванні на НС. Моделювання реагування на НС - це метод теоретичного або технічного обстеження об'єктів (систем, явищ, подій) та процесів, що відбуваються при виникненні та розгортанні (зростанні) наслідків НС шляхом створення і вивчення їх моделей (аналогів) з метою отримання знань про фізичні та

інші процеси можливого розвитку ситуації і порівняння варіантів планів та прогнозів реагування на них.

Ідеальне моделювання НС ґрунтується на уявній ідеалізованій аналогії реальних прототипів і їх моделей. За способом відображення реальних прототипів воно розподіляється на знакове (семіотичне) та інтуїтивне.

Більшість досліджень моделювання НС використовують імітаційні моделі. Імітаційні моделі, як правило, реалізуються на ЕОМ, з використанням геоінформаційної і геофізичної баз даних.

Використання моделі екосистеми речей при реагуванні на НС.

Головним фактором, який впливає на успішне запобігання та ліквідацію НС, є ситуаційна обізнаність (СО) - розуміння обстановки навколишнього середовища у часових і просторових зрізах, що дозволяє приймати необхідні і обґрунтовані рішення.

СО обмежується, насамперед, через ненадійний і значно затримуваний зв'язок, тривалий аналіз та відсутність візуалізації даних, відсутність взаємодіючих мереж, технологій агрегування даних, що надходять, та роботу з великими даними.

Одним з основних факторів підвищення СО в даний час є застосування інноваційних технологій, насамперед технологій Інтернету речей (Internet of Things - IoT).

IoT являє собою масив різномірних фізичних пристроїв, це - різні датчики, безпілотники, бортові системи, відеокамери, смартфони, комп'ютери, інші розумні пристрої, які об'єднані Інтернет-мережею для збору і передачі даних на платформи, що оброблюють інформацію та надають її споживачам для прийняття ними оперативних рішень. Ці пристрої можуть функціонувати безперервно або періодично, вони можуть встановлюватися таким чином, щоб доповнювати людські здібності чи виходити далеко за рамки того, що люди можуть сприймати.

«Все, що може бути підключено до комп'ютерних мереж, має бути підключено» - приблизно так, на думку аналітиків компанії ComPTA, вважають прихильники активного використання IoT [1].

Розглянемо модель екосистеми інтернету речей при реагуванні на НС (рис. 1). Екосистема IoT відноситься до антропогенних (штучних) екосистем, які створюються цілеспрямовано людиною для вдосконалення свого життя та діяльності.

Екосистема IoT являє собою широку мережу пов'язаних та взаємодіючих пристроїв та технологій, які застосовуються фахівцями для досягнення ними розуміння оперативної обстановки у реальному або близькому до реального масштабі часу.

Екосистема IoT є доволі складною, вона вміщує в себе новітні технології, як то: хмарні та периферійні обчислення (включаючи різні платформи хмарних обчислень); Інтернет-протоколи; мережі; шлюзи; аналітичні системи, включаючи системи штучного інтелекту (наприклад, системи розпізнавання образів); системи, що збирають, зберігають та розсилають інформацію; системи забезпечення безпеки інформації. Екосистема також включає регулятивні документи - стандарти, закони України та міжнародні стандарти. Споживачами у екосистемі є фахівці та особи, що приймають рішення у СЦ реагування на НС. Метою створення екосистеми IoT є підвищення ефективності процесу реагування на НС, що веде до покращення якості життя громадян держави.

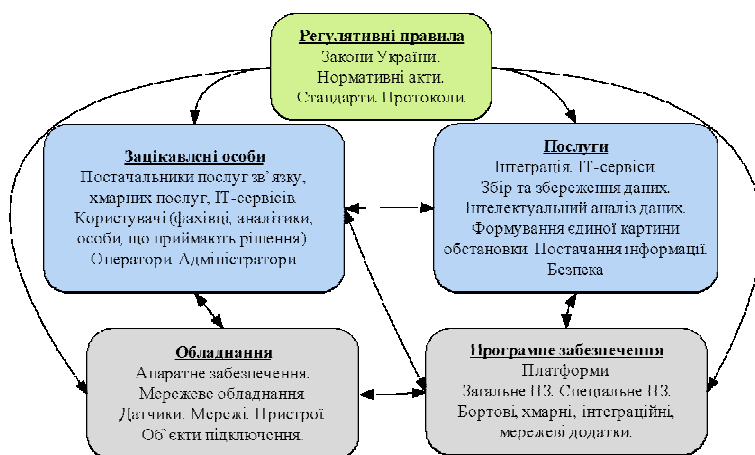


Рисунок 1. Модель екосистеми IoT реагування на НС

Наведемо декілька прикладів (сценаріїв) використання IoT при реагуванні на НС, які представлені Європейським інститутом стандартів електрозв'язку ETSI [2].

1. *Екстрений виклик* (здійснений автоматично датчиком, або оператором платформи послуг IoT на основі інформації з декількох пристроїв) на пункт відповіді з наданням в режимі реального часу відео з місця події.
2. *Збір даних без участі людини в режимі реального часу та захист персоналу аварійно-рятувальних служб* за допомогою «розумного одягу» та оснащення рятувальників носимими аудіо- та відео пристроями або підтримуваним безпілотником, що дає змогу іншим членам команди оцінювати ситуацію на відстані, по дорозі до місця події.

3. *Формування загальної картини оперативної обстановки* для командирів і особового складу за рахунок збору, аналізу та більш легкого агрегування широкого потоку даних від багатьох різних за типом джерел інформації в реальному або близькому до реального часу та надсилання зворотних оброблених повідомлень.
4. *Системи громадського оповіщення* про НС: різні дисплеї, якими оснащується транспорт та громадські місця, рекламні щити, аудіо-, відео- та текстові повідомлення різними мовами, які надходять громадянам та ін.
5. *Автоматизоване аварійне реагування*, яке за рахунок аналізу даних датчиків дасть змогу підвищити ефективність реагування, або повністю запобігти аварійній ситуації.

Треба зазначити, що екосистема IoT є дуже складною концепцією, яка не завжди піддається простій класифікації, оскільки її характеристики різняться від одного типу розгортання до іншого. Подібно до нашого світу, світ IoT включає численні різні екосистеми, які еволюціонують та адаптуються.

Висновки. Складні, інтенсивні та небезпечні процеси, що відбуваються в природних екосистемах, потребують впровадження сучасних інформаційних систем прийняття (підтримки прийняття) рішень щодо безпеки - систем попередження НС. В тому числі моніторингу та систем захисту і реагування у разі виникнення НС.

Моделювання НС необхідно ширше (більше) застосовувати з метою обґрунтування рішень керівного складу цивільного захисту. Керівники та рятувальні підрозділи повинні вміло використовувати всі наявні ресурси для виконання поставлених задач. База знань причинно-наслідкових зв'язків дозволить покращувати можливості щодо оцінки ситуацій та вносити певні зміни в варіанти дій (використання) рятувальників.

Література

1. Internet of Things Insights and Opportunities. https://comptiacdn.azureedge.net/webcontent/docs/default-source/research-reports/full-report-comptia-2016-iot.pdf?sfvrsn=863fbca4_2.
2. Five use cases for IoT in public safety and emergency response. <https://www.rcrwireless.com/20190910/public-safety/five-use-cases-for-iot-in-public-safety-and-emergency-response>.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ КІБЕРАТАК

Р. Іващенко

Національний університет «Чернігівська політехніка» - Україна

Інформаційні технології стали невід'ємною частиною життя людини, що вимагає нового підходу до захисту інформації. У такій постановці є актуальною задача розробки ефективних моделей, методів і систем протидії мережевим кібератакам. Перспективним шляхом підвищення ефективності систем протидії кібератакам (СПА) є використання в них апарату штучних нейронних мереж.

Особливістю СПА, яка призначена для протидії мережевим кібератакам, є виключно моніторинг мережевого трафіку. Подібні системи захоплюють потік даних з мережі, реалізують певні методи аналізу цих даних, сигналізують про результати аналізу, а в разі виявлення кібератаки можуть викликати спрацьовування системи реагування в режимі реального часу. Крім цього вони вирішують ряд додаткових задач [1]:

- Спрогнозувати можливі майбутні мережеві кібератаки і виявити вразливості для запобігання їх подальшого розвитку.
- Виконати документування існуючих загроз.
- Отримати корисну інформацію про проникненнях.
- Визначити розташування джерела мережевої кібератаки по відношенню до локальної мережі (зовнішні або внутрішні атаки).

Сучасні СПА зазвичай складаються з п'яти функціональних компонентів:

- Модуль збору даних – призначений для реєстрації параметрів мережевого трафіку.
- Модуль зберігання даних, в якому накопичуються первинні статистичні дані та результати аналізу.
- Модуль аналізу – приймає інформацію з модулів збору і зберігання даних і аналізує дані на наявність ознак мережевий кібератаки.
- Модуль реагування – активується в тому випадку, коли аналізує механізм визначив наявність кібератаки.
- Консоль управління, призначена для настройки інших модулів і системи в цілому.

В даний час процес протидії мережевим кібератак реалізується з використанням двох основних методів: *визначення аномалій* і *визначення зловживань*.

Робота аналізатора при визначенні аномалій базується на припущенні, що ознакою атаки є відхилення поточних величин параметрів мережевого трафіку від величин, характерних для нормального стану мережевих ресурсів (шаблонів нормальної поведінки).

СПА, що використовують метод визначення зловживань, аналізують послідовність подій, пов'язаних з діяльністю об'єкта захисту і порівнюють їх зі зразками відомих атак. Такі зразки називають шаблоном атак, а сам метод називають методом визначення атак на основі сигнатур.

Загальноприйнято, що сучасні СПА повинні розпізнавати такі класи мережевих кібератак: IP-спуфінг, відмова в обслуговуванні (Denial of Service), підбір пральних даних, атака на рівні додатків, мережева розвідка, переадресація портів.

Застосування нейронних мереж для розпізнавання DDoS атаки:

Згідно з [2] типова штучна нейронна мережа (ANN – artificial neural network) складається з вхідного, прихованого (-их) і вихідного шарів. Як правило, обов'язковим перед застосуванням мережі для виявлення атаки є її навчання. Тут застосовується метод зворотного поширення помилки (Back-Propagation), це означає, що сигнал про помилку з виходу перцептронів знову надійде на входи мережі. Даний метод підвищує точність результатів. Результатом навчання стане вміння мережі розрізняти нормальний трафік в мережі і аномальний, який і буде визначати атаку. Перцептор для розпізнавання TCPDDoS на вхідному шарі має 5 нейронів, кожен з них отримує певні дані.

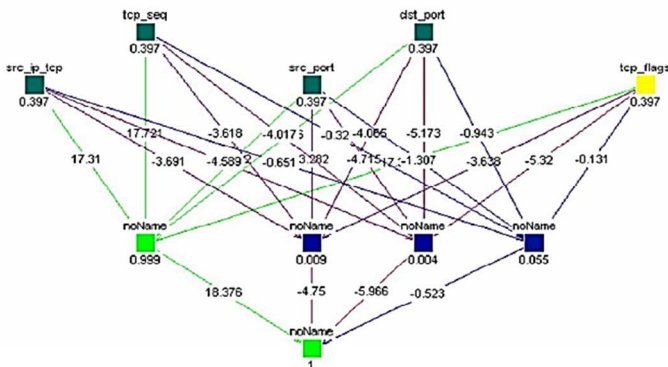


Рисунок 1. Архітектура мережі для виявлення TCPDDoS атаки
Метод побудови сукупного класифікатора трафіку

Згідно з [3] Сукупним нейромережевим детектором називається такий детектор, який складається з безлічі нейромережевих детекторів, кожен з яких навчений на певному типі атак. Активність одного з детекторів буде вказувати на виявлення аномального з'єднання, тип якого відповідає тій мережевій атаці, для якої навчався даний детектор. Якщо жоден з детекторів не реагує на дане з'єднання, то воно вважається нормальним. На рисунку 2 представлена схема побудови сукупного класифікатора для ієрархічної класифікації комп'ютерних атак, який базується на стисканні інформації з використанням методу головних компонент і на об'єднанні нейромережевих детекторів.

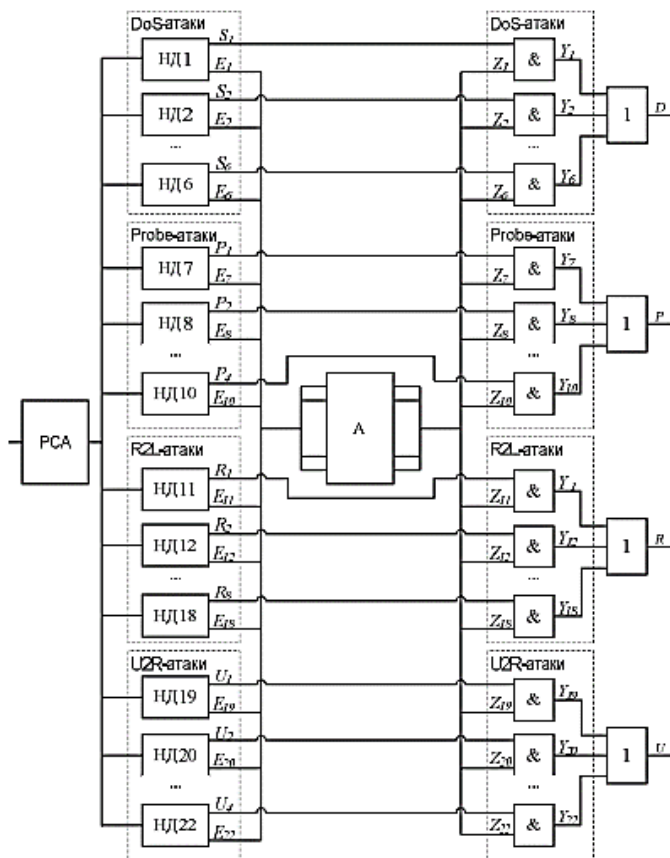


Рисунок 2. Схема сукупного класифікатора для ієрархічної класифікації комп'ютерних атак

Технологія виявлення мережесих атак на інформаційні ресурси на основі рециркуляційної нейронної мережі описана в [4]. У технології передбачено модуль стиснення вхідних даних, який базується на застосуванні нейромережевого аналога методу головних компонент - рециркуляційної нейронної мережі з двома шарами нейронів. Структура мережі показана на рисунку 3. Перший шар, що складається з k нейронів, дозволяє керувати кількістю інформаційних ознак (x), а другий шар, що складається з n нейронів, дозволяє проводити фільтрацію даних (x'). Налаштування першого шару дозволяють отримати стислу до k ознак форму подання вхідного n -мірного об'єкта, тобто визначити k головних компонент.

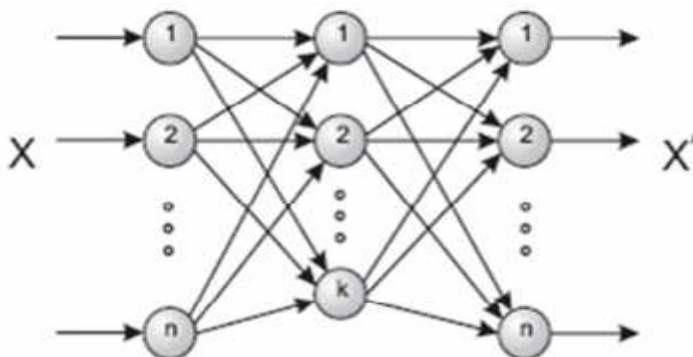


Рисунок 3. Структура рециркуляційної нейронної мережі

Література

1. Бапиев И. М. Нейросетевые модели и методы противодействия атакам на сетевые ресурсы информационных систем // Информационные системы. – 2018.
2. Аль-Мехди С. Т., Евланенкова О. Применение нейронных сетей для обнаружения вторжений // Доклады ТУСУР. – 2014. – №4. – С. 28-33.
3. Комар М. П. Метод построения совокупного классификатора трафика информационно-телекоммуникационных сетей для иерархической классификации компьютерных атак // Системы обработки информации. – 2012. – Выпуск 3 (101) . – Том 1 – С.134-138.
4. Емельянова Ю. Г., Талалаев А. А., Тищенко И. П. Нейросетевая технология обнаружения сетевых атак на информационные ресурсы // Программные системы: теория и приложения. – 2011. – №3(7). – С. 3–15.

МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ФІГУР

Ровник О. С., Трунова О. В.

Національний університет «Чернігівська політехніка»

В процесі розпізнавання діаграм виникає проблема розпізнавання фігур і надписів. Розглянемо основні методи обробки зображень для розпізнавання фігур і текстів, а також проведемо порівняльний аналіз даних методів.

1. Метод гнучкого порівняння на графах (Elastic graph matching)
2. Нейронні мережі
3. Приховані марківські моделі (СММ, НММ)
4. Метод головних компонент (principal component analysis)
5. Активні моделі зовнішнього вигляду (Active Appearance Models, AAM).

Нижче представлена таблиця методів комп'ютерного зору, що включає опис переваг і недоліків кожного з них.

Таблиця 1 – Переваги і недоліки методів комп'ютерного зору

| Методи | Характеристика | Переваги і недоліки |
|----------------------------------|---|--|
| 1. Гнучкого порівняння на графах | Еластичне порівняння графів, що описують зображення. Образи представлені у вигляді графів зі зваженими вершинами і ребрами. На етапі розпізнавання один з графів – еталонний – залишається незмінним, в той час як інший деформується з метою найкращої підгонки до першого. У подібних системах графи, що розпізнають можуть бути представлені як прямокутна решітка, або як структура, утворена характерними точками. | <i>Переваги.</i> Висока ефективність. <i>Недоліки.</i> Успішне розпізнавання. Тривалий час роботи |
| 2. Нейронні мережі | Найбільш поширеною з усіх є мережі прямого поширення (багатошаровий перцептрон), в яких вхідний сигнал поширюється в прямому напрямку, | <i>Переваги.</i> Стійкість до змін масштабу вхідного зображення, |

| Методи | Характеристика | Переваги і недоліки |
|---------------------------------------|--|---|
| | <p>поступово переходячи від шару до шару. Нейронні мережі навчаються за допомогою наборів навчальних прикладів, суть навчання нейронних мереж є налаштування ваг міжнейронних зв'язків при вирішенні оптимізаційної задачі за допомогою методу градієнтного спуску. У процесі навчання нейронних мереж автоматично визначаються ключові ознаки, ступені їх важливості і сформуванні між ними відношення. В результаті навчена нейронна мережа може застосувати отриманий в процесі навчання досвід на невідомі набори даних.</p> | <p>зміні ракурсу, поворотам і іншим недолікам. <i>Недоліки.</i> Необхідність перенавчання нейронної мережі після кожного додавання зображення, що займає тривалий час</p> |
| <p>3. Приховані марківські моделі</p> | <p>При роботі даний метод використовує статистичні сигнали і просторові характеристики. Елементами цієї моделі є: множина спостережуваних станів, множина прихованих станів, матриця перехідних ймовірностей і початкова ймовірність станів. Кожному елементу даного методу відповідає своя марківська модель. У процесі розпізнавання зображення відбувається перебір всіх згенерованих для об'єктів пошуку марківських моделей і здійснюється пошук максимальної ймовірності з урахуванням того, що послідовність спостережень для даного об'єкта згенерована відповідною моделлю.</p> | <p><i>Переваги.</i> Поліпшення якості моделювання <i>Недоліки.</i> Тривалий час роботи</p> |
| <p>4. Метод головних компонент</p> | <p>використовують для подання об'єктів у вигляді вектору малої розмірності (головних компонент), який порівнюється з множиною векторів групи зображень, за якими здійснюється пошук. Головною метою є мінімізація простору ознак, яка максимально описує поточний образ, що визначає множину діаграм. Завдяки використанню даного методу можна виявити різні зміни в</p> | <p><i>Переваги.</i> Можливість зберігання великої кількості зображень і здійснення швидкого пошуку <i>Недоліки.</i> Високі вимоги до вхідних Зображень</p> |

| Методи | Характеристика | Переваги і недоліки |
|---------------------------------------|---|--|
| | навчальній вибірці і описати її за допомогою декількох ортогональних (власних) векторів. Даний список векторів можна застосовувати для кодування інших зображень, які є зваженою комбінацією цих власних векторів. Застосовуючи певну кількість векторів, можна отримати стислу апроксимацію вхідному зображенню, яке згодом можна зберігати як множину даних для пошуку в базі даних, у вигляді вектора коефіцієнтів, який також є ключем для пошуку ескізів в масиві даних [5]. | |
| 5. Активні моделі зовнішнього вигляду | Метод, в якому статистичні моделі зображень, які шляхом різного роду деформацій можуть бути підігнані під реальне зображення. | <i>Переваги.</i> Висока точність розпізнавання <i>Недоліки.</i> Необхідність проводити ручну розмітку зображень |

У великих проєктах по розпізнаванню об'єктів найчастіше використовують методи машинного навчання (дивись модель 2 в таблиці 1). Алгоритми повинні побудувати модель за якою вони зможуть проаналізувати вхідне зображення та прийняти рішення, які об'єкти є на малюнку. Побудова алгоритму базується на аналізі низки ознак, що задаються. Класифікатору для навчання необхідна вибірка даних, та тонке налаштування. Існує багато класифікаторів які різняться у використанні та результаті при вирішенні різних задач.

У малобюджетних проєктах алгоритми набагато простіші і ґрунтуються на аналізі основних ознак об'єкту (дивись моделі 1 та 5 в таблиці 1). Це може бути замкнутість контуру, кількість кутів та зломів, розмір та положення відносно інших об'єктів.

Для аналізу зображень існує декілька інструментів. Найвідомішими є Matlab Image Processing Toolbox, бібліотека OpenCV та її багаточисленні доповнення.

Література

1. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Вильямс, 2004. – 928 с.

2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / У. Прэтт. – М. : Мир, 1982. – 480 с.

3. Афонин В. Л., Макушкин В. А. Интеллектуальные робототехнические системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/human/isrob/>

4. Freeman H. On the encoding of arbitrary geometric configurations, IRE Transactions on Electronic Computers EC- 10 (1961) 260-268.

5. Розпізнавання облич за допомогою відеоспостереження - автоматизована безпека. Типові завдання з розпізнаванням облич [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://lab-music.ru/uk/raspoznavanie-lic-pri-pomoshchi-videonablyudeniya-avtomatizirovannaya/>

УДК 681.3

ІМІТАЦІЙНИЙ МОДЕЛЮЮЧИЙ КОМПЛЕКС ОЦІНКИ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДО УКРАЇНОМОВНИХ СЛІВ

С. В. Костенко¹, В. А Литвинов²

¹ *Національний університет харчових технологій, Україна*

² *Інститут проблем математичних машин і систем НАНУ, Україна*

Значна частина підходів та методів автоматичного виправлення помилок правопису є мовозалежними - орієнтованими на врахування граматичних правил і фонетики конкретної мови. Переважна більшість робіт в цій сфері присвячена англomовним текстам, менша частина іншим мовам германської групи, зовсім мала слов'янським мовам і практично мізерна – українській мові. Розглядається інструментарій (імітаційна модель ІМ) та пробні результати оцінки коригуючих властивостей деяких алгоритмів по відношенню до виправлення типових помилок тайпінгу в україномовних словах.

Основні структурні компоненти комплексу:

- Референтний орфографічний словник (РОС), що використовується при моделюванні.
- Генератор помилок.
- Алгоритм обробки помилкового слова.
- Механізм обробки і формування результатів моделювання.

ІМ має модульну структуру і конфігурується до конкретних словників, типів помилок, алгоритмів генерації ключів.

Для заданої комбінації «словник – тип помилок – алгоритм» ІМ через спотворює слова заданого словника помилкою і за допомогою алгоритму, що досліджується, шукає найбільш «близькі» слова-кандидати на виправлення помилкового слова. Загальний алгоритм виправлення слова, в якому виявлено помилку, включає наступну послідовність етапів:

- Попередній вибір в РОС множини слів - кандидатів, які відповідають прийнятним критеріям близькості до слова, що виправляється.
- Пріоритезація обраних слів і звуження області пошуку «правильного» слова в множині слів - кандидатів.
- Прийняття рішення про виправлення.

Третій етап базується на специфічних для конкретного додатка формальних і евристичних правилах, які враховують, зокрема, і можливість участі користувача в прийнятті рішень. Тому оцінка властивостей конкретних алгоритмів для заданого словника і типу помилок обмежується аналізом перших двох етапів.

Звіт про результати проведеного дослідження містить загальну кількість корегованих помилкових слів за видами помилок, кількість коректних пропозицій слів-кандидатів (**К**), кількість хибних пропозицій (**Х**), кількість відсутніх пропозицій (**В**), середню кількість кандидатів в пропозиціях (відповідно **К** та **Х**).

Пробне моделювання проведено для наступних вихідних умов:

1. В якості досліджуваних алгоритмів прийняті оригінальні англійські фонетичні алгоритми (ФА) Soundex і Metaphone [1]. Вибір обумовлений, з одного боку, їх широкою популярністю і поширеністю, а з іншого - наявністю в бібліотеках готових модулів програмної реалізації (зокрема, для англійської мови). Адаптацію до української мови здійснено на рівні символів - відповідно до офіційної англо-української транслітерації [2]. Результати моделювання транслітерованих алгоритмів створюють певну точку відліку для порівняльної оцінки результативності україномовних алгоритмів.
2. В якості ансамблю помилок прийнятий набір помилок тайпінгу, що включає чотири всіляких базових одиночних помилки (заміни, вставки, пропуски і перестановки символів), а також подвійні помилки, що представляють собою зважену суміш базових помилок. Хоча алгоритми Soundex і Metaphone орієнтовані на виправлення фонетичних помилок, їх застосування до помилок тайпінгу дає певну інформацію як для аналізу властивостей фонетичних алгоритмів, так і можливого вдосконалення алгоритмів виправлення інших типів помилок.
3. Для генерації конкретних помилок запозичений готовий словник українських слів об'ємом 84 575 слів, використаний в моделях [3].

Пошук слів-кандидатів виконувався в два етапи: попередній відбір (ПВ) за заданим алгоритмом, і остаточний відбір (ОВ) - на основі додаткової оцінки відстаней Дамерау – Левенштейна (ВДЛ) між помилковим словом і словами-кандидатами. Розглянуто два конкурентноздатних критерія вибору слів-кандидатів на другому етапі відбору:

1. $ВДЛ = ВДЛ_{\min}$;
2. $ВДЛ \leq ВДЛ_{\max}$, де $ВДЛ_{\max}$ є конвенційним максимальним ВДЛ для помилкових слів (зокрема, для досліджуваного ансамблю помилок $ВДЛ_{\max} = 2$).

Оброблено 59.6 млн помилкових слів, середній час обробки одного слова склав 0,07 мс. Основні зведені результати оцінки коригуючих властивостей алгоритмів Soundex та Metaphone наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати оцінки коригуючих властивостей алгоритмів

| Тип помилок | К-ть $\times 10^6$ | Кількість коректних пропозицій, % | | | Середня кількість слів в пропозиції (К) | | | | | |
|------------------|--------------------|-----------------------------------|------|------------------|---|------|------------------|------|------|------------------|
| | | | | | ПВ | | | ОВ | | |
| | | S | M | S _{укр} | S | M | S _{укр} | S | M | S _{укр} |
| Заміни | 26,8 | 54,1 | 49,6 | 62,7 | 76,3 | 28,9 | 342 | 1,02 | 1,02 | 1,02 |
| Вставки | 30,5 | 68,4 | 63,8 | 71,7 | 74,3 | 27,8 | 336 | 1,0 | 1,0 | 1,01 |
| Пропуски | 0,83 | 60,7 | 59,5 | 70,2 | 74,0 | 27,9 | 338 | 1,07 | 1,06 | 1,08 |
| Перестановки | 0,74 | 77,3 | 73,3 | 82,6 | 74,1 | 27,7 | 338 | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| Подвійні помилки | 0,83 | 33,3 | 28,5 | 41,6 | 78,9 | 30,2 | 348 | 1,05 | 1,04 | 1,07 |

В основу оцінки результативності критеріїв 1 та 2 покладене міркування, що якщо в відповідній групі пропозиції ПВ правильне слово для коректування відсутнє, то для цієї пропозиції краще статус «пропозиція відсутня», ніж «помилкова (хибна) пропозиція». Результати оцінки критеріїв для алгоритму Soundex наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати оцінки критеріїв

| Тип | К-ть $\times 10^6$ | Критерій 1 | | | | | | Критерій 2 | | | | | |
|-----|--------------------|-----------------------------------|------|------|------------------|------|-------|-----------------------------------|------|------|------------------|------|-------|
| | | Розподіл пропозицій $\times 10^6$ | | | Обсяг пропозицій | | F | Розподіл пропозицій $\times 10^6$ | | | Обсяг пропозицій | | F |
| | | К | Х | В | К | Х | | К | Х | В | К | Х | |
| 1 | 26,8 | 14,5 | 11,8 | 0,45 | 1,02 | 2,08 | 39,33 | 14,5 | 1,13 | 11,2 | 1,24 | 1,93 | 20,16 |
| 2 | 30,5 | 20,8 | 9,2 | 0,41 | 1 | 2,08 | 39,94 | 20,8 | 0,31 | 9,3 | 1,15 | 1,52 | 24,39 |
| 3 | 0,83 | 0,51 | 0,31 | 0,01 | 1,07 | 2,02 | 1,17 | 0,51 | 0,01 | 0,24 | 1,46 | 2,54 | 0,77 |
| 4 | 0,74 | 0,57 | 0,17 | 0,01 | 1,01 | 2,03 | 0,92 | 0,57 | 0,01 | 0,16 | 1,23 | 1,79 | 0,72 |
| 5 | 0,83 | 0,28 | 0,53 | 0,02 | 1,05 | 2,15 | 1,43 | 0,28 | 0,03 | 0,52 | 1,12 | 2,26 | 0,38 |

Дані таблиць 1,2 дають підстави для наступних висновків.

1. Результативність досліджених алгоритмів по відношенню до помилок тайпінгу порівняно невисока, - помітно нижче, ніж для перебору варіантів корекції [3]. Оскільки досліджені алгоритми за призначенням орієнтовані більшою мірою на корекцію багатократних помилок фонетичного походження, цей порівняльний результат в якісному сенсі є очікуваним і дає лише відповідні орієнтовні кількісні оцінки. Шляхи підвищення ефективності полягають, з однієї сторони, у використанні безпосередньо української літерації та правил правопису, а з іншої – у реалізації алгоритмів, більш пристосованих до помилок тайпінгу, ніж ФА. Попередні результати на першому шляху для алгоритму Soundex наведені в таблиці 1 ($S_{\text{спр}}$). Розроблена модульна ІМ може слугувати основою для відпрацювання відзначених шляхів.

2. Як бачимо з даних таблиці 2, застосування критерію 2 пов'язане з істотно меншим сумарний обсягом (F) обробки коректних і помилкових пропозицій на заключному етапі прийняття конкретного рішення щодо корекції помилкового слова. Ця властивість, що характерна також для інших досліджуваних ФА, пов'язана з «перетіканням» на етапі ОВ деякої частини пропозицій Х до групи В, яка не потребує аналізу та прийняття рішення. Отже, розглянуті особливості застосування критеріїв ОВ можуть бути використані для зниження загальної трудомісткості обробки помилкового слова при застосуванні алгоритмів коректування з попередньою індексацією словника.

Література

1. Phonetic Matching Algorithms [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medium.com/@ievgenii.shulitskyi/phonetic-matching-algorithms-50165e684526>

2. Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/55-2010-%D0%BF>

3. Литвинов В.А., Майстренко С.Я., Хурцилава К.В., Костенко С. В., Оцінювання контролювальних і коригувальних властивостей референтного словника системи перевірки і виправлення орфографії. // Системні дослідження та інформаційні технології.-2019.-№2.- С. 49-64.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСПОРТУ ГЕОДАНИХ POSTGRESQL У SHAPE-ФАЙЛИ ESRI В СИСТЕМАХ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

С. Я. Майстренко, К. В. Хурцилава, Т. О. Донцов-Загреба

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Аналіз наявних можливостей експорту геопросторових даних PostgreSQL в shape-файли ESRI

При розробці і експлуатації додатків, що оперують геоданими, часто виникає необхідність конвертації даних в формати, відмінні від оригінальних форматів середовища розробки. Зокрема, при використанні для зберігання даних СУБД PostgreSQL і необхідності експортувати геодані в shape-файли може бути використана одна з існуючих можливостей. Таких як використання готових рішень PostGIS: утиліт командного рядка `pgsql2shp/shp2pgsql` [1] або графічної утиліти `pgShapeloader` [2].

`pgsql2shp` дозволяє вивантажити таблицю бази даних PostGIS, представлення або запит `sql` в формат shape-файлу ESRI. Наприклад, для експорту запиту в shape-файл `testshape.shp` необхідно виконати наступну команду:

```
pgsql2shp -f "/path/to/testshape" -h test_server -u test_user -P  
test_password test_db "SELECT id_cell, geom FROM testgrid WHERE  
id_cp =5"
```

`shp2pgsql` генерує сценарій SQL з shape-файлів ESRI і DBF, придатних для завантаження в базу даних PostgreSQL з розширенням PostGIS.

Менеджер імпорту/експорту шейп-файлів PostGIS `pgShapeloader` є графічним еквівалентом інструменту командного рядка `shp2pgsql`.

Для виконання експорту також може бути використаний плагін DB Manager QGIS [3], який призначений для інтеграції і управління форматами просторових баз даних (PostGIS, Oracle Spatial, GeoPackage, Spatialite, Virtual Layers).

Ще один з можливих підходів для виконання конвертації геоданих - використання утиліти `ogr2ogr` [4], яка є потужним інструментом для конвертації даних в/з PostgreSQL в багато різних форматів даних, в тому числі і шейп-файли ESRI:

```
ogr2ogr -f "ESRI Shapefile" testshape.shp PG:"host=аdpeca  
user=test_user dbname=testdb" -sql "SELECT id_cell, geom FROM testgrid  
WHERE id_cp =5"
```

Одна з описаних вище можливостей може бути використана адміністратором системи в офф-лайн режимі. Однак, при необхідності виконання експорту даних безпосередньо користувачами систем в онлайн режимі необхідно виконання автоматизації процесу експорту. Саме розв'язанню такої задачі присвячена дана стаття.

Автоматизація процесу експорту геоданих на прикладі веб-системи прогнозування екологічного забруднення

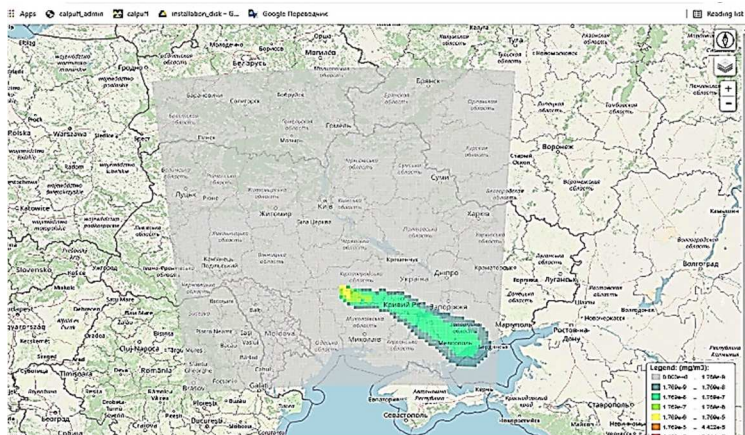
Технологічну послідовність автоматизації експорту геоданих з БД PostgreSQL в shp-файли ESRI розглянемо на прикладі веб-системи прогнозування екологічного забруднення. Як правило, формування прогнозу виконується на розрахунковій сітці, яка визначає область прогнозу (координати, кількість комірок і крок сітки) [5]. Саме прогнозна область і представляє собою геодані системи, які зберігаються в БД. В результаті прогнозу формується ряд визначених в системі прогнозних показників, таких як концентрації, вологі і сухі випадіння шкідливих речовин розгорнуті в часі для заданого прогнозного періоду. Для забезпечення умови нормалізації БД доцільно зберігання розрахункової сітки і прогнозних показників в різних таблицях. З іншого боку користувача буде цікавити стан певного прогнозного показника в обраний момент часу. Тому перед виконанням експорту необхідне отримання даних в результаті запитів до двох і більше таблиць (сітка і дані) БД.

Для проведення операції експорту геоданих PostgreSQL в shp-файли на стороні клієнта може бути використана бібліотека з відкритим вихідним кодом shp-write. Дана бібліотека дозволяє сформувати шейп-файл виключно з використанням мови програмування javascript, використовуючи бібліотеку jsZIP для створення архівних ZIP-файлів в браузері. Для збереження файлів на стороні клієнта використовується бібліотека FileSaver.js. Оскільки підтримка бібліотеки shp-write була припинена розробниками, для забезпечення можливості її використання було виконано усунення помилок (згідно рекомендацій <https://github.com/mapbox/shp-write/issues/48>). Крім того, були внесені коректування для запобігання створенню в архіві проміжної папки.

Загалом процес конвертації геоданих PostgreSQL в shp-файли на стороні клієнта складається з наступних кроків:

- вибір користувачем параметрів для виконання запитів до БД;
- передача до сервера параметризованих запитів;
- отримання з БД на стороні сервера даних за визначеними запитом;
- повернення отриманих даних на сторону клієнта;
- формування geojson об'єкта з даних, отриманих в результаті запитів;
- формування шейп-файлу на основі підготовленого geojson об'єкта за допомогою бібліотеки shp-write і його збереження на стороні клієнта.

Використовуючи описаний процес можна отримувати почасові знімки показників екологічного забруднення в форматі shp-файлів ESRI, які можна аналізувати за допомогою, наприклад, QGIS або імпортувати в середовища інших систем, що підтримують обробку shp-файлів ESRI.



Закінчення

У статті наведено аналіз існуючих можливостей експорту геоданих PostgreSQL в shape-файли ESRI, які можуть бути використані адміністраторами систем в офф-лайн режимі.

Запропоновано послідовність виконання конвертації геоданих PostgreSQL в shp-файли на стороні клієнта в онлайн режимі.

Отримані результати можуть бути використані розробниками веб-систем для забезпечення можливості експорту геоданих PostgreSQL в shape-файли ESRI, в тому числі і при розробці веб-систем прогнозування екологічного забруднення.

Література

1. PostGIS 2.0 pgsq2shp shp2pgsql Command Line Cheatsheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bostongis.com/pgsq2shp_shp2pgsql_quickguide.bqg.

2. Loading data into PostGIS with pgShapeloader [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.orbital.co.ke:8080/opengeo-docs/data-admin/pgGettingStarted/pgshapeloader.html>

3. DB Manager Plugin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.qgis.org/2.14/en/docs/user_manual/plugins/plugins_db_manager.html

4. ogr2ogr [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gdal.org/programs/ogr2ogr.html>.

5. Kovalets I. V., Maistrenko S. Ya., Khalchenkov O. V., Polonsky O. O., Dontsov-Zagreba T. O., Khurtsilava K. V., and Udovenko O. I. Adaptation of the Web-Service of Air Pollution Forecasting for Operation within Cloud Computing Platform of the Ukrainian National Grid Infrastructure. Sci. in nov. 2021. V. 17, no. 1. P. 78—88. <https://doi.org/10.15407/scine17.01.078>.

УДК 004.056.5

ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФІГУР

Фокін К. М., Руднєв Д. Я., Трунова О. В.

Національний університет «Чернігівська політехніка»

На поточний час необхідність автоматизації різних комп'ютерних систем зумовлює популярність інтеграції систем розпізнавання в тій чи іншій мірі [1]. Методи розпізнавання та ідентифікації фігур застосовуються і в системах оцінки компетентності здобувачів вищої освіти.

Розглянемо теоретико-множинну модель процесу розпізнавання та ідентифікації об'єктів тестового завдання. Нехай задана площина S на якій розташована множина об'єктів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ [2,3]. Нехай кожному об'єкту x_i відповідає набір ознак $X = \{f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{ki}\}$.

Тоді множину об'єктів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ можна представити факторною матрицею:

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & \dots & f_{nn} \end{pmatrix}.$$

Процес ідентифікації буде полягати в тому, що об'єкт x_i може бути розпізнаний за підмножиною факторів з множини ознак F . Для всієї множини об'єктів X набір підмножин формує множину F' :

$$F' = \begin{pmatrix} f'_{11} & \dots & f'_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f'_{n1} & \dots & f'_{nk} \end{pmatrix}.$$

Загальний вигляд процедури розпізнавання фігур (об'єктів) формально представляється у вигляді:

$$R(A) \times X \Rightarrow X',$$

де $R(A)$ – оператор розпізнавання з множиною операндів A ;

X – множина фігур;

X' – множина розпізнаних фігур.

Процедура розпізнавання та ідентифікації об'єктів представлена у вигляді:

$$\begin{aligned} R(A) \times X &\Leftrightarrow \begin{pmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \dots & f_{mm} \end{pmatrix} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \begin{pmatrix} f'_{11} & \dots & f'_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f'_{m1} & \dots & f'_{mm} \end{pmatrix} \Rightarrow X', \end{aligned}$$

де $\begin{pmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_m \end{pmatrix}$ – множина операндів розпізнавання;

$\begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \dots & f_{mm} \end{pmatrix}$ – множина ознак;

$\begin{pmatrix} f'_{11} & \dots & f'_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f'_{m1} & \dots & f'_{mm} \end{pmatrix}$ – множина розпізнаних ознак;

X' – множина розпізнаних об'єктів.

Таким чином, процедура ідентифікації буде полягати у визначенні в матриці розпізнаних ознак тих з них, які є достатніми для ідентифікації об'єктів:

$$I \times X \Leftrightarrow \begin{pmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} f'_{11} & \dots & f'_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f'_{m1} & \dots & f'_{mk} \end{pmatrix} \Rightarrow \\ \Rightarrow \begin{pmatrix} f''_{11} & \dots & f''_{1l} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f''_{m1} & \dots & f''_{ml} \end{pmatrix} \Rightarrow X'',$$

де $\begin{pmatrix} f''_{11} & \dots & f''_{1l} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f''_{m1} & \dots & f''_{ml} \end{pmatrix}$ – матриця ідентифікованих ознак, що характеризує множину ідентифікованих об'єктів X'' .

Дана модель може бути використана при розробці плагіну для оцінки компетентності здобувачів вищої освіти, зокрема опануваних курс «Веб-технології та веб-дизайн». Її застосування дозволить забезпечити вирішення завдань розпізнавання та ідентифікації об'єктів в робочій зоні тестування.

Література

1. Berg.–Berlin: Springer, 2000.–367 с.23. Tereshchenko V. M., Zaverhshinskiy M. V. Some aspects of the search segment intersection triangles and spheres in R3 // Applied geometry and graphics. – Kyiv, 2010. – No 85. – P. 192-198
2. Лепский А. Е., Броневиц А. Г. Математические De Berg M. Computational Geometry. Algorithms and Applications /Mark de методы распознавания образов: Курс лекций. – Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
3. Мазуров В. Математические методы распознавания образов. Уч. пособ. 2-е изд., доп. и перераб. - Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2010. - 101 с.

УДК 004.89

ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ СИТУАЦІЙНОГО ЦЕНТРУ

Ю. Г. Пилипенко, Т. К. Єременко

Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

Складність процесів управління організаціями та підприємствами будь-якої сфери діяльності у даний час постійно зростає, вимоги до систем управління та завдання, які вони повинні вирішувати, змінюються з

прискоренням. За цими обставинами почали широко використовуватись системи підтримки прийняття рішень типу «ситуаційний центр» як найбільш гнучкий підхід для автоматизації управління. Основні фактори, що впливають на розвиток систем управління:

- формування єдиного світового інформаційного простору і поглиблення економічної взаємозалежності;
- переорієнтація економік найбільш розвинених в інформаційному відношенні країн в сторону максимального розвитку невиробничого сектора;
- формування інформаційного та технологічного ринків поряд з традиційними ринками (праці, сировини і т.п.), в процесі чого інформаційні ресурси стають реальними (тобто приносять конкретну фінансову вигоду) ресурсами держави та інших об'єктів економіки;
- зростаюча залежність соціально-економічних і державних інститутів від стабільної роботи інфраструктури різних сфер, перш за все інформаційної;
- багаторазове підвищення доступності інформаційних ресурсів і послуг для суспільного і особистого використання. Зростає роль і обсяги моделювання процесів діяльності як систем передбачення наслідків рішень;
- зміна структури ринку праці в бік підвищення частки невиробничої і інтелектуальної діяльності, що підвищує вимоги до кваліфікації і професіоналізму працівника, який повинен повноцінно використовувати технічні та інформаційні нововведення;
- підвищення вимог до забезпечення особистої, громадської та державної інформаційної безпеки;
- розробка ефективної правової бази для захисту державних інтересів, гарантій прав громадян і громадських інститутів на отримання, поширення та використання інформації.

Прийняття рішень в таких умовах вимагає залучення різноманітних фахівців у якості експертів та радників учасників наради, що мають повноваження на прийняття рішень (ЛПР). Класична схема підготовки та проведення наради за рахунок великої множини інформаційних ресурсів, доступних експертам та радникам, і часу потрібному на їх осмислення та детальний аналіз, може привести до значного збільшення часу роботи систем типу «ситуаційний центр». Для подолання цієї складності пропонується залучити до роботи систем ситуаційного управління методи та засоби, що широко використовуються в сучасних процесах військового керівництва,

що засновані на концепції мережецентричної війни, оскільки вони розробляються для умов часових обмежень у використанні.

Аналіз концепції мережецентричної війни[1] показує, що її основна ідея лежить не в нових формах і способах ведення бойових дій, а в зміні принципів управління військами і зброєю. Точніше кажучи, це новий спосіб організації управління як реальний інструмент підвищення бойових можливостей різномірних сил і засобів за рахунок синергетичного ефекту. І тут знаходиться багато аналогій з етапами підготовки та проведення нарад у класичних системах ситуаційних центрів, оскільки кінцева мета обох цих методів управління – використання синергетичного ефекту різних галузей підготовки і проведення процедур прийняття рішень. По основним моментам можна уявити, що оцінка обстановки характерна як для військового застосування, так і для підготовки будь – якої наради. Робота експертів, яка ведеться на постійній основі, це майже теж саме, що роблять служби та засоби розвідки, можливості різних сил та засобів, що концентруються на основі використання мережецентричної концепції – це можливості різних галузей суспільного господарства, доступних в ситуаційному управлінні, то що.

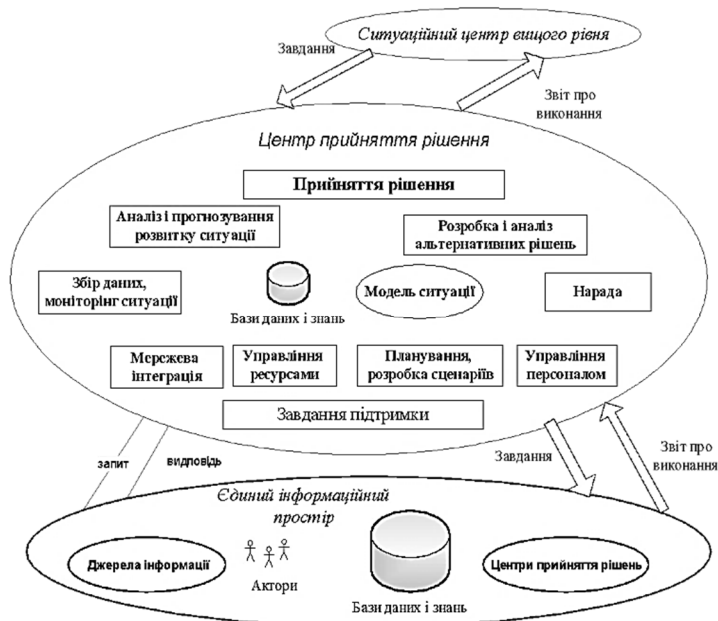


Рисунок 1. Центр прийняття рішень як фрактал мережецентричної системи ситуаційного центру

Мережецентрична війна, на відміну від воєн попереднього періоду, ведеться не державами і навіть не блоками, а глобальними структурами, які можуть бути як інституціолізовані тим чи іншим чином, так і мати індивідуальний (підривний, терористичний) характер. У ситуаційному управлінні такими структурами можуть розглядатись організаційні структури, що уособлюються радниками ЛПР. Тобто при виконанні основних функцій ситуаційного центру[2] – збір і накопичення даних, моніторинг ситуації, аналіз та прогноз процесів, що потребують ситуаційного управління, підготовка і проведення процесів прийняття рішень – приймають участь різні організаційні структури, агенти, що об'єднуються у інформаційну мережу. Причому для різних завдань ситуаційного управління, чисельність і склад елементів цієї мережі може змінюватись.

Координація діяльності цих елементів засновується на системі управління. При ієрархічній системі управління в ході взаємодії між двома одноранговими елементами в роботу включається весь ієрархічний ланцюжок, аж до особи, що приймає рішення стосовно функціонування цих обох елементів, що відбивається на часі прийняття рішень. Багаторівневе моделювання ситуації, як для елементів можливих дій так і для ситуації в цілому, прискорює процес прийняття рішень за рахунок безпосередньої взаємодії між цими елементами

Елементи мережі можуть бути як акторами, тобто діяти за чітко встановленими правилами, так і центрами прийняття рішень, що спроможні виконувати всі функції ситуаційного центру. У даному разі реалізується властивість фрактальності складних систем. Узагальнена схема фракталу надана на рисунку.

Сетецентричність передбачає пірінгову мережу. Але взаємодія між кожними двома центрами прийняття рішень у межах єдиного глобального проекту встановлюється відповідно заказу на виконання деяких дій (прогнозування процесів у рамках поточної ситуації, розробка альтернативних рішень, тощо). Тобто зважаючи на відповідальність за прийняття рішення (економічну, або адміністративну) елементи загальної мережі об'єднуються у ієрархічну схему управління. Тобто при впровадженні мережевої системи управління ієрархічна структура не скасовується, а стає більш динамічною, додаються нові зв'язки між одноранговими елементами. В свою чергу динамічність структури та інформаційного обміну між елементами мережі підвищує ефективність процесів управління у ситуаційному центрі (управління збором даних, ресурсами, плануванням робіт стосовно підготовки прийняття рішення, тощо).

Модель ситуації у кожному центрі прийняття рішення відповідає місцю знаходження визначеного фракталу у складній системі управління, що визначається мета моделлю мережі і єдиним інформаційним простором, частиною і проєкцією якого вона є.

Література:

1. Alberts D. S., Garstka J. J., Stein F. P. Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority. 2-nd Edition (Revised). – US Department of Defense C4ISR Cooperative Research Program Publications Series, 2001. – 292 p. – URL: http://www.dodccrp.org/files/Alberts_NCW.pdf
2. Морозов А. А., Яценко В. А. Ситуационные центры. Информационные технологии будущего. – Киев: СП «Интертехнодрук», 2008. – 332 с.

СЕКЦІЯ 4
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗРАЗКІВ
ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ОЦІНКИ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАНЬ ОБЛАДНАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

А. Г. Козир, Д. В. Зройчиков, Д. М. Шабанов,
Л. А. Зозуля, В. Г. Шапоренко

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації
озброєння та військової техніки, Україна*

Різні по своїй фізичній природі ергономічні характеристики вимагають для оцінки різних методів і засобів. Так, антропометричні характеристики при оцінці робочого місця оператора обладнання спеціального призначення (ОСП) оцінюються спеціалізованим метричним інструментом. Хімічні, фізичні і біологічні фактори середовища життєдіяльності, які впливають на стан оператора ОСП і, відповідно, на його діяльність, вимагають для свого вимірювання складної і різноманітної апаратури. Важливим також є той факт, що керівні документи з оцінки ергатичних систем (ЕС) в процесі випробувань ОСП [1,2] потребують оновлення.

Особливо слід виокремити клас ергономічних характеристик, що виявляються тільки при взаємодії людини-оператора з ОСП в процесі реального функціонування системи “людина – машина” (СЛМ). У цей клас входять ергономічні характеристики діяльності і функціонального стану оператора ОСП. На відміну від ергономічних характеристик системи “людина – машина – середовище” і її складових, які можуть бути визначені автономно, поза функціонуванням СЛМ, вказані характеристики допускають достовірну оцінку тільки при виконанні людиною-оператором ОСП поставленого завдання в реальних або психологічно адекватних реальним умовах. Дійсно, оцінити відповідність рівня активації організму оператора допустимому нормативу можна тільки в процесі виконання оператором поставленого завдання. При оцінці ергономічних характеристик даного класу вирішальне значення має організація ергономічного експерименту.

Число факторів, що впливають на ефективність і надійність діяльності оператора ОСП і, у зв'язку з цим, підлягають обліку в процесі ергономічного супроводу СЛМ, обчислюється сотнями найменувань [3].

На практиці, при розробці конкретного типу СЛМ, виходячи з аналізу діяльності людини і наявних умов, в системі виділяється обмежений склад ергономічних характеристик. Найбільш ефективним при

вирішенні цих завдань є метод поетапного моделювання [4], що визначає процедуру оптимізації людино-машинного контуру управління, послідовним наближенням на базі тренажно-моделюючого комплексу характеристик технічних засобів діяльності психофізіологічним і професійним якість оператора ОСП. Таким чином, інформаційною основою вирішення завдань випробувань ОСП є сукупність ергономічних характеристик.

Методики, як правило, використовують у процесі випробувань зразків ОСП і їх складових частин для перевірки правильності розподілу функцій, відповідності організації робочого міста оператора (операторів) ОСП, систем відображення інформації та рівня ергономічності зразка встановленим вимогам.

У залежності від методу, який застосовується, методики з оцінки ергономіки розділяють на: експертні; експериментальні; розрахункові; комбіновані.

Експертні (аналітичні) методики застосовують для оцінки реалізації ергономічних вимог при створенні зразків ОСП за допомогою опитування кваліфікованих фахівців, коли визначені лише функціональні завдання системи і відсутні дані про можливість оператора ОСП в системі.

Експериментальні методики застосовують для оцінки ергономічних показників за результатами виконання операторами ОСП реальних або імітованих завдань в умовах, максимально наближених до реальних. Ці методики використовуються у процесі випробувань зразків ОСП для оцінки показників якості діяльності операторів. Враховуючи, що ергономіці властивий системний підхід, в даний час використовуються експериментальні методи моделювання – математичне, фізичне, змішане, антропометричне і ін. При моделюванні системи при дискретних операціях використовуються теорія масового обслуговування, теорія інформації, марківські процеси, теорія графів, алгоритмічні описи роботи ЕС, статистичне моделювання алгоритму роботи ЕС.

Розрахункові методики застосовують для оцінки відповідності зразків ОСП ергономічним вимогам за допомогою розрахунку показників, які оцінюються за формулами з попереднім вибором початкових даних, встановлених в тактико-технічному завданні (технічному завданні), проектно-конструкторської документації, нормативних, довідкових даних.

Комбіновані методики застосовують для оцінки ергономічних характеристик та поєднують: експертні і експериментальні методики; проведення експериментів (випробувань), у процесі яких збирають статичні дані та розраховують показники, які оцінюють за формулами або на основі математичних моделей; розрахунок оцінюваних показників та експериментальну перевірку і уточнення їх значень.

Основна частина будь-якої експериментальної установки для проведення ергономічних досліджень – це модель керованого об'єкту або процесу. Моделлю зазвичай називають будь-якої природи об'єкт, який здатний замінювати зразок дослідження.

Дослідники ЕС в даний час почали оперувати оцінками, отриманими в процесі експериментування з подібними моделями. Такі моделі є однією з форм опису ЕС. Вони іноді мають переваги навіть перед математичними моделями, оскільки дозволяють судити про поведінку даної ЕС в реальних ситуаціях. Створення самих моделюючих стендів є одним з проблемних завдань, що вирішуються у тому числі і в рамках ергономіки.

Зараз розвивається функціональний метод дослідження ЕС. При цьому використовується системний підхід: математичні методи теорії інваріантності і модульного управління. Це дозволяє визначити деякі вимоги до математичного опису “узагальненої характеристики оператора”. Вона вказує на ті умови в системі, при яких оператор знаходиться в так званому квазістійкому функціональному стані. Правда, умови функціонування в цьому методі розглядаються односторонньо, оператор тут всього лише ланка системи управління. Інші ергономічні властивості і параметри, які характеризують умови роботи оператора, залишаються поза увагою.

Слід зазначити, що як би не були глибоко і всесторонньо розвинені дедуктивні методи аналізу і синтезу ЕС, яких би великих успіхів не досягла математика у вирішенні ергономічних проблем, створюючи формалізовані математичні моделі різних систем, насамперед, саме експеримент і практична перевірка залишаються основним фундаментом визначення доцільності створеної системи.

Ефективність методів постановки експерименту при визначенні основних характеристик систем і обґрунтуванні доцільності введення тих або інших змін в параметри окремих елементів з метою підвищення надійності функціонування ЕС в цілому залежить від застосування математичних методів. Одним з них може бути використання положень теорії подібності. Вона базується на теоремах, які дають можливість відповісти на такі питання: які величини необхідно вимірювати і реєструвати при проведенні експерименту; яким чином необхідно проводити обробку отриманих результатів.

Теорія подібності і фізичне моделювання дозволяють отримати критерії подібності і встановити критерійні залежності, які справедливі для всіх подібних між собою явищ. Хоча загального рішення задачі теорії подібності і фізичне моделювання не дають, але при їх використанні можна узагальнювати результати випробувань. Визначення критеріїв подібності і обробка результатів експериментів в критеріях подібності

в принципі дозволяють з певним ступенем імовірності розповсюдити результати досліджень однієї ЕС на деякий клас ЕС, їй подібний, не проводячи експериментального дослідження кожного разу після введення в них яких-небудь змін.

На якість функціонування полієргатичної системи надає дію багато факторів (як внутрішніх, так і зовнішніх) в різних їх комбінаціях. Описати аналітично подібну систему наразі надзвичайно важко. Найчастіше при цьому використовується метод стохастичного моделювання, що дозволяє в наближенні отримати цілісну картину функціонування ЕС.

Багато завдань ергономіки (особливо у авіації) носять стохастичний (випадковий) характер. Це визначається випадковим характером змін, що виникають в ЕС, і робить необхідним використання імовірнісного підходу до її дослідження. Обмеження методів, які використовують у випробуваннях, рамками класичної теорії імовірності ускладнює вирішення завдань ЕС і, навіть в простих випадках приводить до необхідності здійснювати усереднювання по безлічі реалізацій, що значно збільшує вартість досліджень.

Література

1. РЭО-СВ-80. Руководство по эргономическому обеспечению создания военной техники сухопутных войск. – М.: МО СССР, 1981.

2. РАО-83-М. Руководство по эргономическому обеспечению создания и эксплуатации вооружения, военной техники и техники гражданской авиации межвидовое. – М., 1986. – части 1, 2.

3. John R. Wilson. Fundamentals of systems ergonomics/human factors, Applied Ergonomics, Volume 45, Issue 1, 2014, Pages 5-13, ISSN 0003-6870, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>.

4. В.М. Ахутин. Биотехнические системы: теория и проектирование. Учебное пособие. Ахутин В.М., Немирко А.П., Першин Н.Н., Пожаров А.В., Попечителев Е.П., Романов С.В. ГОУ ОГУ, 2008 г., 204 с.

МАРКІВСЬКА МОДЕЛЬ ПІДГОТОВЧОГО ЕТАПУ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

С. П. Корнієнко¹, І. В. Корнієнко¹, В. А. Дмитрієв²,
А. Г. Павленко², Д. О. Камак²

¹Національний університет «Чернігівська політехніка», Україна
²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Україна

Важливим моментом успішного виконання завдань з випробування новітніх зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) є ефективне проведення підготовчої фази, що складається з етапів підготовки зразка до випробувань, розробки науково-методичної і планової документації, підготовки інженерів-випробувачів, вимірювальних комплексів та полігонної бази. З огляду на предмет розгляду, а саме ефективність функціонування випробувальної установи, з наведеного переліку можна виключити етап підготовки випробувального зразку, який знаходиться в зоні відповідальності і компетенції розробника. З решти етапів найкритичнішим і найтривалішим у часі є плановий етап: розробка програм, методик і планів випробування.

Для розгляду планового етапу скористуємось представленням випробувального процесу у вигляді системи масового обслуговування (СМО), наведеного авторами у [1].

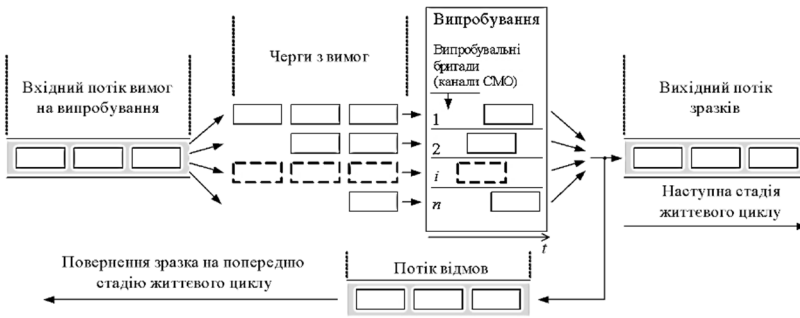


Рис. 1. СМО випробувань

Розроблена документація узгоджується з замовником, після чого можливий добір фахівців у склад випробувальної бригади, розробка іншої необхідної документації, підготовка і навчання інженерів-випробувачів для випробування зразка.

Виділимо основні фази наведеної часової діаграми, що впливають на девіацію часу підготовчого етапу. Процеси попереднього ознайомлення з зразком і призначення (у тому числі добір інженерів-випробувачів для практичних випробувань) випробувальної бригади покладається на керівника відділу, що є профільним за видом зразка ОВТ, який надійшов на випробування. Це є стандартною і добре формалізованою внутрішньою процедурою, що, певною мірою, дозволяє вважати їх тривалість фіксованою, відповідно: $\tau_{1st} = const$, $\tau_{1team} = const$, $\tau_{2team} = const$. Інша ситуація відбувається з підготовкою науково-методичної документації випробувань, тривалість яких залежить від складності випробуваного зразка, кількості інженерів-випробувачів (і в певній мірі їх фаховості) залучених до розробки документів (на практиці їх кількість знаходиться в межах 3...20 осіб), ступеня підготовленості (розвиненості) нормативно-довідкової бази випробувальної установи. Аналогічні залежності можна прослідкувати з періодами підготовки і навчання інженерів-випробувачів, розробки решти документів та підготовки полігонно-вимірювальної бази. Після закінчення всіх процесів підготовчого етапу вимога (зразок) поступає у чергу, де очікує на практичне проведення випробувань.

Розглянемо процеси підготовчого етапу випробувань у вигляді схеми Марківських процесів (рис. 3). Система представляє собою багатоканальну СМО, де під каналом розуміється певний спеціалізований за видом ОВТ випробувальний підрозділ. Відповідно кількість каналів дорівнює кількості таких підрозділів. Канали системи характеризуються зайнятістю: S^0 – жодний фахівець відділу не задіяний, S^k – задіяно k фахівців. Можливість зайняття одним зразком декількох каналів визначається його складністю, де для випробувань потребуватимуться фахівці різного профілю. Наявність незайнятого персоналу характеризуються станами R^l – l вільних осіб з загальної кількості осіб на канал L_m , R^0 – відсутній резерв каналу. Стан каналу з R^0 означає відмову при надходженні наступної вимоги у цей канал і переведення цієї вимоги у буфер накопичувач. Інтенсивності λ_m і μ_m – відповідно інтенсивності надходження і підготовки до випробувань зразків ОВТ m -ої групи, $\mu_m = \frac{1}{\bar{\tau}_m}$, $\bar{\tau}_m$ – середня потреба часу на підготовку випробування зразка у m -му каналі. Тоді, ймовірність

відмови у каналі становитиме $P_m^{відм} = \frac{\lambda_m^{L_m}}{L_m! \mu_m^{L_m}} P_m^0$, де $P_m^0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_m}{\mu_m}}$ – ймовірність стану S_m^0 .

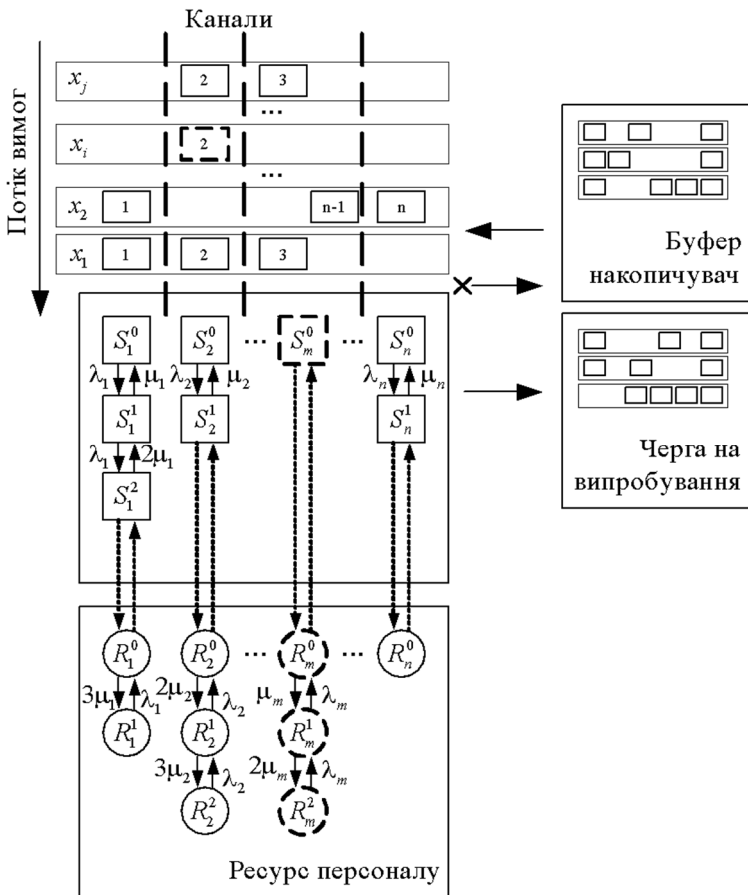


Рис. 3. Представлення підготовчого етапу випробувань по схемі Марківських процесів

Ймовірність того, що зразок, що надійшов на випробування потребуватиме певних фахівців (тобто надійде у канал) становитиме $P(C_m) = \frac{\lambda_m}{\Lambda}$, де $\Lambda = \sum_{m=1}^n \lambda_m$. Тоді за формулою повної ймовірності ймовірність відмови системи для вимоги: $P^{відм} = \sum_{m=1}^n P(C_m) P_m^{відм}$.

Звідси середня кількість зразків, підготовлених до випробування за час T становитиме $C = (1 - P^{eioM})A$. Статистичні характеристики інтенсивностей надходження вимог за різними видами ОВТ наведені у [1].

Література

1. Корнієнко І. В. Формування параметрів вхідного потоку вимог на випробування озброєння і військової техніки / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, В. А. Дмитрієв, А. Г. Павленко, Д. О. Камак // Озброєння та військова техніка. Науково-технічний журнал / ЦНДІ ОВТ. – Київ : Видавничий дім Дмитра Бураго, 2020. – Вип. № 3 (27). – С 95-102. DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.3\(27\).95-102](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.3(27).95-102).

СЕКЦІЯ 5
СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО
ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ

**THE INSTRUMENTAL METHODS AND MEANS FOR
IMPROVING THE EFFICIENCY OF LINEAR OPTIMIZATION
PROBLEMS SOLUTION IN PROJECT MANAGEMENT**

S. K. Chernov¹, S. D. Titov¹, Ludmila S. Chernova¹, Lubava S. Chernova¹,
V. M. Piterska²

¹ *Admiral Makarov National University of Shipbuilding*

² *Odessa National Maritime University*

In most cases, linear optimization applies canonical classic algorithms for solution of its problems [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Typical problems contain standard algorithm steps: getting the primary reference plan, construction of a reference plans chain, estimate of their optimality, improvement of the solution and of the target function value [7, 8, 9, 10]. Each of the reference plans has a set of linearly independent basis vectors. The move to the next basis is nothing else than a move along the edge to the neighbor polyhedron apex is carried out within the boundaries of a rigorous algorithm. According to the simplex method algorithm theory, the move is to be effected towards the best alteration of the target function values [11, 12]. In some linear optimization problems, this algorithm requirement may result in appearance of too many iterations as compared with a move not to the neighbor apex but to another one which can be determined under additional requirements.

Simplification algorithms provide an efficient method of searching for solution of an optimization problem. If we project a multidimensional process onto a two-dimensional plane, this method will enable graphic visualization of the problem solution matrixes.

This research has proposed a method of simplifying the combinatorial solution of a discrete optimization problem. It is based on decomposition of the system representing a system of constraints of a five-dimensional initial problem into the two-dimensional coordinate plane. Such method allows obtaining a simple system of graphic solutions to a complicated linear discrete optimization problem.

From the practical point of view, the method proposed allows simplifying the calculation complexity of optimization problems belonging to this class.

Without loss of generality, let us have a linear discrete optimization problem presented in canonical form:

$$\begin{aligned} W_i &= CX \rightarrow \max \\ \Omega_i : AX &= B, \\ X &\geq 0, \end{aligned} \tag{1}$$

where the rank of the system of constraints coefficient matrix is equal to $\text{rang } A = m$.

In this case, solving the system by Gauss-Jordan method with arbitrary basis combination of variables, we obtain a projection of n -dimensional initial problem to $(n-m)$ -dimensional space. In case $n - m = 2$, we have projecting to the two-dimensional plane.

Let us consider a model example of solving a five-dimensional linear optimization problem based on such projecting of a multidimensional space onto the two-dimensional one.

The seaports on the south of Ukraine are of great importance in the total export of grain and oil crops. The total logistics layout of such export can be described as follows. Ukraine has a broadly developed network of terminals receiving, storing and dispatching these resources. They have to be supplied to the seaport to form a regular batch for a vessel (to comply of quantity, quality, range, etc. of the product).

There are several ways of delivering these resources: railway, highway and river. It is reasonable to form an optimization problem: to minimize the time for delivering the resources from terminals to the seaport. Let us construct a mathematic model of such optimization.

Let us have a matrix of terminals $B = [B_1, B_2, B_3, \dots, B_{j_n}]$. At each terminal $B_j, j = 1, 2, \dots, j_B$ there are resources accumulated for dispatch $S = [S_1, S_2, S_3, \dots, S_{i_s}]$.

Limited stock of resources $S_i, i = 1, 2, \dots, i_s$ is given by a matrix, where b_{ij} - stock of resource S_i at terminal B_j .

We also have the matrix $\| \| b_{ij} \| \|_{i_s \times j_B}$ of distances from the terminal to the end destination (seaport) $\| \| l_{jk} \| \|_{j_B \times k_r}$, where l_{jk} - distance from terminal B_j to the seaport, subject to existing possibility to deliver the resources by method k ($k = 1$ - railway, $k = 2$ - highway, $k = 3$ - river).

The vessel batch is given by delivery plan $[s_1^p, s_2^p, s_3^p, \dots, s_{i_s}^p]$, where s_i^p - quantity of resource S_i . We also know the specific limits of expense c_{ijk} for delivery of one unit of resource S_i from B_j - to the terminal by k - delivery method.

We need to find such a plan of resources delivery to the seaport that complies with a vessel batch requirements at smallest expenses.

For constructing a mathematic model, we enter three-dimensional variables x_{ijk} - quantity of units for resource S_i dispatched from terminal B_j by k - method of delivery.

In this case, the total expense for fulfilling the resources delivery plan look as follows:

$$W_1 = \sum_{i=1}^{i_s} \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 c_{ijk} l_{jk} x_{ijk} \rightarrow \min \quad (2)$$

This is an optimization problem target function. The problem system of constraints concludes two blocks.

The first block indicates the impossibility to dispatch a quantity of resources bigger than available at the terminal.

The second block shows that it is necessary to deliver the quantity of resources exactly ordered by the plan.

$$\sum_{k=1}^3 x_{ijk} \leq b_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, i_s; \quad j=1, 2, \dots, j_B, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} = s_i^p, \quad i=1, 2, \dots, i_s. \quad (4)$$

Therefore, the optimization model of the set logistics problem on delivery of grain and oil crops looks as follows:

$$W_1 = \sum_{i=1}^{i_s} \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 c_{ijk} l_{jk} x_{ijk} \rightarrow \min,$$

$$\Omega_1 : \begin{cases} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} \leq b_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, i_s; \quad j=1, 2, \dots, j_B, \\ \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} = s_i^p, \quad i=1, 2, \dots, i_s, \\ x_{ijk} \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

The above given model examples of improving the efficiency of algorithms of preparing for calculation of an optimization problem based on the problem reduction prove the reasonability of such method in solving problems of linear optimization.

Applied value of the approach proposed consists in using the scientific result for enabling the possibility to improve canonical methods of optimization problem solution and, respectively, for simplification of computer-assisted calculation with use of standard subprogram libraries of known math packages.

Literature

1. Danzig, J.: Linear programming, its application and generalization. Nauka, Moscow (1966).
2. Kantorovich, L.V., Gorstko, A.B.: Optimal solutions in economics. Nauka, Moscow (1972).

3. Bushuyev, S., Verenysh, O. Organizational maturity and project: Program and portfolio success. *Developing Organizational Maturity for Effective Project Management*, 2018, pp. 104–127

4. Hetmantsev, V.D.: *Linear algebra and linear programming*. Lybid, Kyiv (2001).

5. Bagaenko, I.M., Grigorkov, V.S., Boychuk, M.V., Ryumshin, M.O.: *Mathematical programming*. Academy, Kyiv (1996).

6. Bushuyev, S., Babayev, I., Babayev, J., Kozyr, B. Complementary Neural Networks for Managing Innovation Projects 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, ATIT 2019 - Proceedings, 2019, pp. 393–396.

7. Gavurin, M.K., Malozemov, V.N.: *Extremal problems with linear constraints*. Lviv (1984).

8. Ashmanov, S. A.: *Linear programming*. Nauka, Moscow (1981).

9. Voitushenko, A., Bushuyev, S. Development of project managers' creative potential: Determination of components and results of research *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, 1080 AISC, pp. 283–292.

10. Stepanyuk, V.V.: *Methods of mathematical programming*. Academy, Kyiv (1984).

11. Titov, S.D., Chernova, L.S.: *Higher and Applied Mathematics*. In 2 parts. Part 1. Fact, Kharkiv (2017).

12. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Gogunskii, V., Chernova, L., Kolesnikova, K.: Algorithm for the simplification of solution to discrete optimization problems, *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies* 3/4 (93), 34–43 (2018). DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133405

UDC 519.8

THE DIGITAL TOOLS FOR DECENTRALIZED PATENT ACCOUNTING AND MANAGEMENT

V. M. Gorbachuk, S. O. Gavrilenko, G. V. Golotsukov, D. I. Nikolenko

V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of the NASU

The current picture of digitalization of the world's economy is quite accurately conveyed by the processes of anti-epidemic measures, distance learning and work, development and use of appropriate vaccines. While rich countries can successfully provide their residents with anti-epidemic remedies based on modern information or communication and biological technologies, poor countries usually need international assistance in the development

and application of such technologies. The development of advanced technologies requires not only entrepreneurial activity, but also the social organization and institutional capacity inherent in rich countries. The work on empirical data highlights the current problem of the relationship between antitrust regulation and regulation of patent funds or pools, social organization and general level of institutions, major state functions – defense and security, law and order, macroeconomic management, protection of property rights, and state health care system. Modeling of such interdependent functions requires modern digital tools applied to decentralized and distributed systems, abilities to formulate, model and solve topical complex interdisciplinary problems.

Since 2015, the V.M.Glushkov Institute of Cybernetics (GIC) of the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU; Національної академії наук України, НАНУ) has been developing and maintaining the Distributed Information Technology (Розподілену інформаційну технологію, PIT; RIT) to support scientific and organizational activities (науково-організаційної діяльності, НОД; NOD) of the NASU (known as PIT НОД НАНУ, or RIT NOD NASU), which covers tens of thousands of customers who, in turn, produce about a half of the objects of intellectual property rights (IPR) in Ukraine.

In the process of development, the subsystem of maintaining the register of IPR of the NASU for the Center for Intellectual Property Research and Technology Transfer of the NASU (CIPRTT NASU) is being developed [1, 2]. The pandemic forces us to review previous developments in order to adapt to new conditions, as well as to better realize the role of this subsystem and understand the directions of its further development [3].

First of all, the RIT NOD NASU proved to be convenient for remote work, the scale of which also makes us aware of novel challenges to contemporary academic and educational activities in Ukraine and around the world [4]. The modern complex products (goods and services) with high valued added are based on modern property rights.

Creation and use of inventions and other objects of IPR (OIPR), patent protection of scientific and technical results and the efficiency increase of their commercialization is one of the tasks of scientific and organizational activities (hereinafter – NOD) of the NASU to ensure modern academic research (AR) in the NASU. The subsystem of maintaining the register of OIPR (SMROIPR) of the RIT NOD NASU is directed on information and communication support of the decision making process for the task. Within this subsystem, inventions and other results of AR implementation are considered as OIPR, officially registered with certain government agencies. The information about such OIPR, in particular, about their conditions, is stored in the register of OIPR (ROIPR). The SMROIPR of the RIT NOD NASU automates the work with the ROIPR as an important data source for the NASU in general. The SMROIPR significantly simplifies the accumulation of information on OIPR, as well as the search, analysis and use of the SMROIPR data.

The SMROIPR provides the implementation of technological procedures on electronic documents (EDs) containing the SMROIPR data. Those procedures are carried out by the following SMROIPR user groups:

- employees of divisions of academic institutions (AIs) of the NASU, responsible for technology transfer, innovation activity and OIPR;

- Scientific Secretaries of the NASU or specialists of their departments, authorized to support the conduct of ROIPR;

- employees of the Presidium of NASU, authorized to support the conduct of ROIPR;

- employees of the CIPRTT NASU.

The abovementioned users are the RIT entities. Each of them is assigned a certain role or certain roles (according to job responsibilities) in the SMROIPR as a part of the RIT NOD NASU. The SMROIPR provides support to users with the OIPR cards from AIs of the NASU, containing (input or primary) information from documents on current laws, administrative instructions and regulations, in particular, with:

- notifications on submission of applications for the creation of OIPR;
- applications for registration of OIPR;

- information on the protecting document (patent, certificate), copyright, and others;

- information on accounting for intangible assets;

- information on contractual relations with the creators (inventors, authors) of OIPR;

- other information (applications and decisions on the issue of protecting documents, the creation and use of OIPR).

The incoming (primary) documents of SMROIPR include the Forms 1, 2, 3 on intellectual property (IP), according to the Order № 469 of State Statistics Committee of Ukraine (SSCU) of July 8, 2004 amended by the Order № 342 of SSCU of November 1, 2005:

- Form IP-1 «Journal of registration of applications for inventions, utility models, industrial designs, layouts (topographies) of integrated circuits submitted in Ukraine»;

- Form IP-2 «Journal of registration of applications for inventions, utility models, industrial designs, layouts (topographies) of integrated circuits submitted to the competent authorities of foreign states»;

- Form IP-3 «Journal of registration of used inventions, utility models, industries; designs, layouts (topographies) of integrated circuits».

Reporting forms of the documents above are source EDs of SMROIPR, which are automatically created by means of the subsystem.

Besides, the reporting EDs supported in SMROIPR include the Forms VII-1, VII-2, VII-3, VII-4 (Annex to the Order № 654 «On preparation of reports

on the activities of academic institutions and the Report on the activities of NASU in 2018» of Presidium of NASU of November 20, 2018):

Form VII-1 «Results of inventive work, creation and use of objects of intellectual property rights in 2018»;

Form VII-2 «Agreements for the use of objects of intellectual property rights»;

Form VII-3 «Applications for the issue of protecting documents»;

Form VII-4 «Decision on the issue of protecting documents».

In addition, the SMROIPR supports receiving of reporting documents (tables) for the CIPRTT NASU:

OIPR created in the AIs during the reporting year and in previous years if used during the reporting year;

the contest on inventive activity during the reporting year;

the main indicators of AIs of the NASU for development, protection and use of IP during the reporting year.

The automated workplace (hereinafter – workstation) of an employee of division of AI of the NASU, responsible for technology transfer, innovation activity and OIPR, within the SMROIP is designated for processing input (primary, secondary or derivative) documents on the OIPR of AI of the NASU and obtaining output (reporting) EDs. The guideline [1] describes the appropriate actions of such an employee as the following technology procedures:

creating of an OIPR card;

entering in that card information on 1) notification on the creation of OIPR, 2) application for registration of OIPR, 3) protecting document (patent, certificate), copyright, and others, 4) accounting for intangible assets, 5) contractual relations with the creators (inventors, authors) of OIPR.

The procedures above are sufficient for the initial filling of information on the OIPR of AI of the NASU.

The RIT NOD of the NASU operates in the environment of NASU corporate computer network using the capabilities of the Ukrainian Academic and Research Network (UARNet).

Nowadays the SMROIP system developed should satisfy some technology-driven and data-driven criteria promoting necessary data processing and modeling, first of all, the IPR-related data in question. The SMROIP function is different from that of Ukrpatent subordinated to the Ministry of Economy of Ukraine. The Ukrpatent would be an essential node in the general national IPR-related network as well as distributed AIs with their divisions and employees producing and registering OIPRs. The digital tools for management patent pools and other IPR-related pools are becoming efficient ways for developing high technology products and their further marketing.

References

1. Automated workstation of an employee of a division, responsible for technology transfer, innovation activity and intellectual property of the academic institution of the NAS of Ukraine. Technology user's guide (2019) Kyiv : V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine. 43 p. (In Ukrainian).
2. Kapitsa Y. M. (2017) The European Union intellectual property law: formation, institutions, directions of development. Kyiv: Center for Intellectual Property Research and Technology Transfer of the NASU; Academperiodics. 664 p. (In Ukrainian).
3. Gorbachuk V., Gavrilenko S., Golotsukov G., Nikolenko D. (2020) Economics of Internet-applications and digital content. (In Ukrainian). The role of technology in the socio-economic development of the post-quarantine world. M.Gavron-Lapuszek, A.Karpenko (eds.) Katowice : Katowice School of Technology, pp. 81–88
4. Gorbachuk V. M. (2016) The postindustrial organization of state contracts for development of AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET and Internet. Herald of Odesa National University. Economics. V. 21 (8), pp. 116–122. (In Ukrainian).

УДК 004.5:004.6:004.89:007.51

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ В АДМІНІСТРАТИВНОМУ УПРАВЛІННІ

О.В. Нестеренко, І.Є. Нетесін

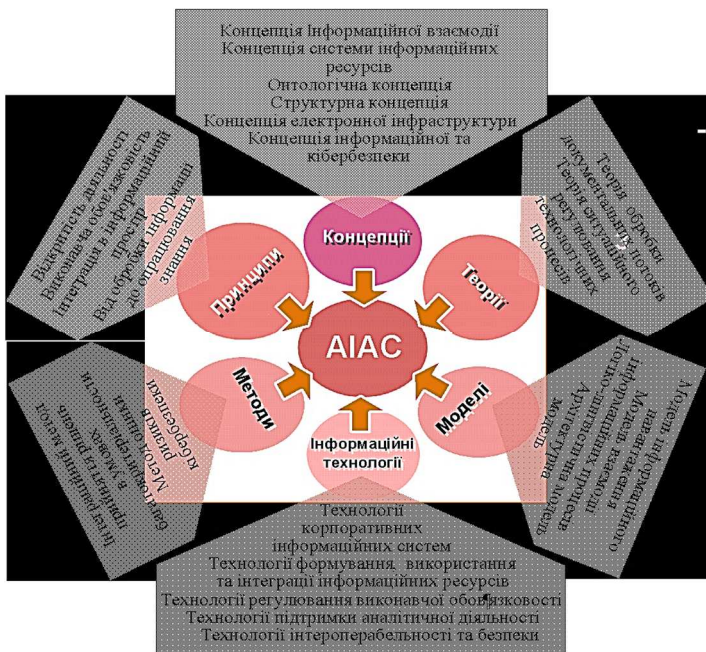
Український науковий центр розвитку інформаційних технологій

В умовах збільшення інтенсивності управлінської діяльності та обсягів інформації, що має опрацьовуватись для прийняття рішень, проведення цифрової трансформації у всіх сферах функціонування держави й суспільства назрілою є необхідність формування в органах адміністративного управління (ОАУ) автоматизованих інформаційно-аналітичних систем (АІАС), що мають забезпечувати підвищення ефективності прийнятих рішень та досягнення якісно нового рівня діяльності. Про це свідчить досвід й багатьох країн світу [1].

Системологічний аналіз проблем проєктування АІАС для сфери адміністративного управління, напрямів розвитку інфраструктури її інформаційного простору, чинників, що в сучасних умовах впливають на ОАУ,

методів та технологій автоматизації інформаційно-аналітичної діяльності (ІАД) в ОАУ, пов'язаних з удосконаленням управління, свідчить, що проектування таких АІАС має проводитись на основі принципів, концепцій, теорій, моделей, методів та інформаційно-комунікаційних технологій з урахуванням вимог комплексності, підтримки прийняття управлінських рішень на базі знання-орієнтованих засобів та їх вичерпного інформаційного забезпечення, підтримки процесів опрацювання документів, забезпечення інформаційної та кібербезпеки, а також інтеграції різних АІАС з дотриманням вимог інтероперабельності (див. рис.).

Основні принципи, на основі яких має відбуватися проектування АСІАЗ, окрім загальновідомих принципів відкритості діяльності та інтеграції в інформаційний простір, мають бути доповненими принципами та парадигмами, що полягають у виконавчій обов'язковості опрацювання документів, забезпеченні ІАД на основі знання-орієнтовного підходу, інтелектуалізації ОАУ, а також розв'язанні багатокритеріальних задач прийняття рішень на основі експертних методів [2]. У свою чергу концептуальні та теоретичні основи проектування АСІАЗ мають формуватися на основі аналізу та оцінки напрямів формалізації та моделювання АСІАЗ на основі системного підходу та пріоритетності інформаційного підходу.



Виходячи з цього базою проєктування мають бути концепція інформаційної взаємодії органу управління, пов'язана з розглядом взаємодії системи адміністративного управління з навколишнім середовищем, та концепція системи інформаційних ресурсів сфери адміністративного управління, яка базується на вимогах створення та організації використання в державі системи національних інформаційних ресурсів. Також визначається за доцільне застосування логіко-лінгвістичних інформаційних моделей (наприклад, на основі методології зростаючих пірамідальних мереж), що реалізують гіпотезу про закономірності структуривання інформації при її сприйнятті, та моделі взаємодії інформаційних процесів.

Водночас проблемно-орієнтована методологія розв'язання інформаційно-аналітичних задач в АІАС відображається в концепції підтримки ІАД на основі онтологічних описів предметної області, а також в застосуванні інтеграційного методу прийняття рішень в умовах багатокритеріальності, що поєднує онтологічні моделі, експертні методи вибору альтернатив та візуалізацію порівнянь альтернатив на базі графового подання [3, 4].

Виходячи з того, що основною інформаційною одиницею, яка опрацьовується в ОАУ, є документ, проєктування АІАС має виходити з положень теорії обробки інформаційних документальних потоків, засновану на вимозі виконання політики виконавчої обов'язковості, тобто з оцінки своєчасності прийняття рішення. У загальному випадку цей аналіз спирається на теорію інформації та математичну теорію розподілення інформації (теорію телеграфіку). Водночас реалізація виконавчої обов'язковості спирається на теорію ситуаційного регулювання технологічних процесів в ОАУ при автоматизованій обробці інформаційних та документальних потоків, що базується на відповідності функціонування встановленому регламенту, на розв'язанні задач вимірювання інформаційного навантаження в АІАС та аналізі виникаючих ситуацій. Для розв'язування задач вимірювання інформаційного навантаження доцільно застосовувати інтерпретацію основних положень теорії масового обслуговування.

Можливі структури АІАС та базові складові її архітектури визначаються на основі структурної концепції ОАУ та АІАС та концепції електронної інфраструктури сфери адміністративного управління, яка має створювати середовище взаємодії АІАС.

З важливістю питань безпеки в умовах інформаційного суспільства, особливо для взаємодіючих систем, пов'язана концепція інформаційної та кібербезпеки, стійкості та живучості АІАС, а також метод оцінки ризиків кібербезпеки, що базується на графовому представленні безпекового середовища [5].

Методологічні підходи до використання інформаційних технологій в АІАС мають базуватись на відомих методиках створення корпоративних

інформаційних систем для управління підприємствами, що доповнюються технологіями формування, використання та інтеграції інформаційних ресурсів, регулювання виконавчої обов'язковості в електронному документообігу, підтримки аналітичної діяльності, а також технологіями забезпечення інтероперабельності та кібербезпеки у мережецентричному середовищі [6].

Література

1. Нестеренко О. В. Основи побудови інформаційно-аналітичних систем органів державної влади. Київ : Наук. думка, 2005. 628 с.
2. Nesterenko O., Trofymchuk O. Patterns in forming the ontology-based environment of information-analytical activity in administrative management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, № 5/2 (101). P. 33-42. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.180107.
3. Нестеренко О. В. Онтолого-керовані інформаційні системи в адміністративному управлінні. Математичне моделювання в економіці. 2019, № 2 (15). С. 57-68.
4. Nesterenko O. Ontology and Analytic Hierarchy Process in the information and analytical systems. Lecture notes in computational intelligence and decision making. Chapter No: 19 / S. Babichev et al. (Eds.): ISDMCI 2020, AISC 1246, Springer. 2021. P. 302–314. DOI: 10.1007/978-3-030-54215-3_19.
5. Alexander V. Nesterenko, Igor E. Netesin. Cybersecurity graph model of information resources. Journal of automation and information sciences. 2020, № 52(8). P. 14-31. DOI 10.1615/JAutomatInfScien.v52. i8.20.
6. Гречанінов В. Ф., Кузьменко Г. Є., Лопушанський А. В., Морозов А. О. Мережа ситуаційних центрів органів державної влади – базис для підвищення ефективності їх діяльності (взаємодії), Математичні машини і системи. 2018, №3. С. 32-39.

УДК 004.42: 005.8

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ “CHILIST SOFTWARE”

Силенок О. Ю., Фургайлов О. А., Білоус І. В.

Національний університет “Чернігівська політехніка”

Сьогодні в умовах масової індивідуалізації, коли будь-який продаж розглядається як проект, на перший план виходить уміння ефективно

управляти проектами [1]. Це дає можливість розумно розпорядитися обмеженими ресурсами компанії. Наразі неможливо уявити команду розробників, яка б не використовувала сучасну систему керування проектами. Більшість популярних систем керування проектами мають складний і навантажений інтерфейс, який в деяких системах не є адаптивним (наприклад Jira [2]). Відомі системи орієнтовані для роботи в командах певного розміру. Так, “Trello” [3] не дуже підходить для використання великими командами, а “Asana” [4] не зручна для малих команд через занадто велику кількість функцій і опцій.

На відміну від відомих систем, система керування проектами “Chilist Software” призначена для швидкого розгортання середовища, планування, відстежування помилок та взаємодії з учасниками проекту. «Chilist Software» орієнтована на зручність використання командами будь-яких розмірів та має забезпечити простий та адаптивний інтерфейс.

На рисунку 1 зображено діаграму прецедентів та показано відношення між акторами та прецедентами в системі [5].

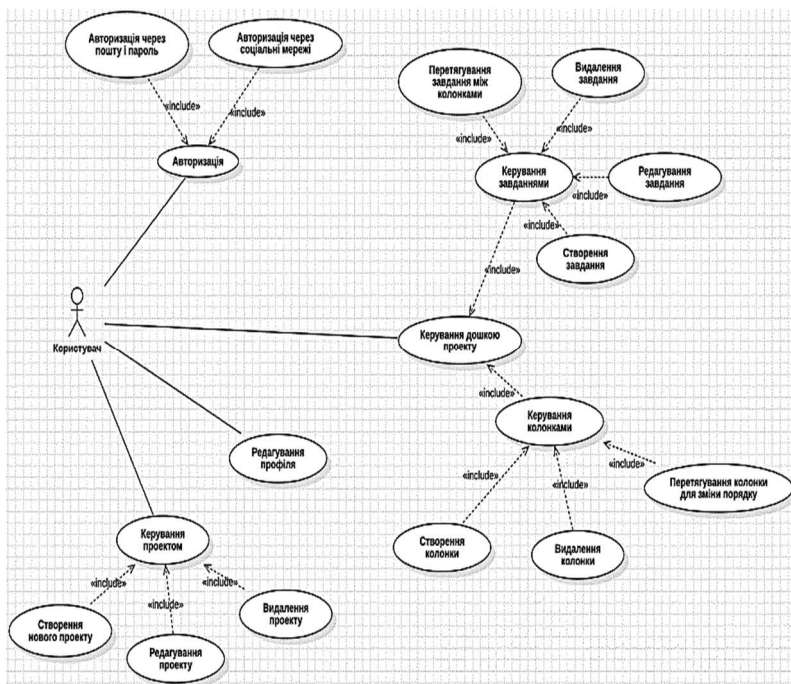


Рисунок 1. Діаграма прецедентів системи “Chilist Software”

Відповідно до побудованої діаграми користувач може авторизуватися за допомогою пошти та паролю або соціальних мереж, редагувати свій профіль, керувати проектом та керувати дошкою проекту.

Відповідно до архітектури “Chilist Software” являє собою веб-додаток, який складається з клієнта та сервера. Клієнт написаний на JavaScript, використовуючи фреймворки Vue.js, Nuxt.js та Vuetify. Клієнт спілкується з сервером за допомогою API. Сервер написаний на мові програмування PHP за допомогою фреймворка Laravel.

В якості веб-серверу був обраний Nginx. Nginx – один з найшвидших та найпопулярніших веб-серверів, який підходить для застосунків з різними навантаженнями. Особливістю Nginx є те, що він не може самостійно обробляти динамічні дані [6]. Для того, щоб він міг працювати з php, необхідно додатково встановити менеджер процесів PHP-FPM [7].

Архітектурою передбачено, що не потрібно налаштовувати API для дозволу запитів на спільне використання ресурсів з різних джерел (CORS), оскільки всі запити проксуються через Nginx. На рисунку 2 демонструється шлях запиту, що проходить через середовище.

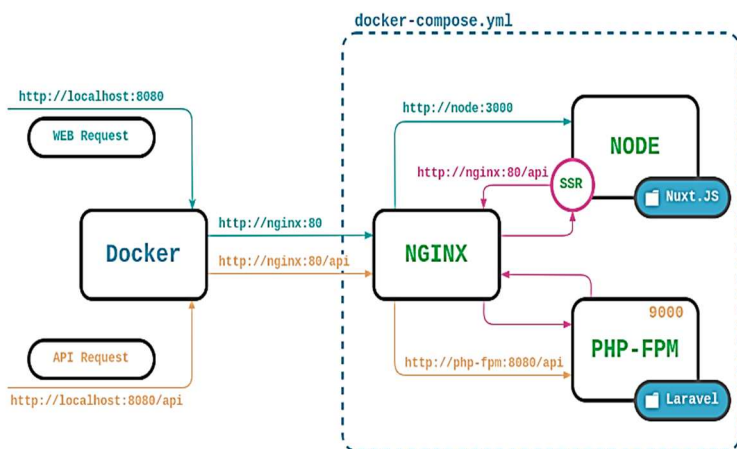


Рисунок 2. Архітектура системи “Chilist Software”

Увесь додаток упакований в контейнерах Docker для швидкого розгортання системи.

На рисунку 3 показано інтерфейс системи. На ньому відображена головна частина проекту – це дошка.

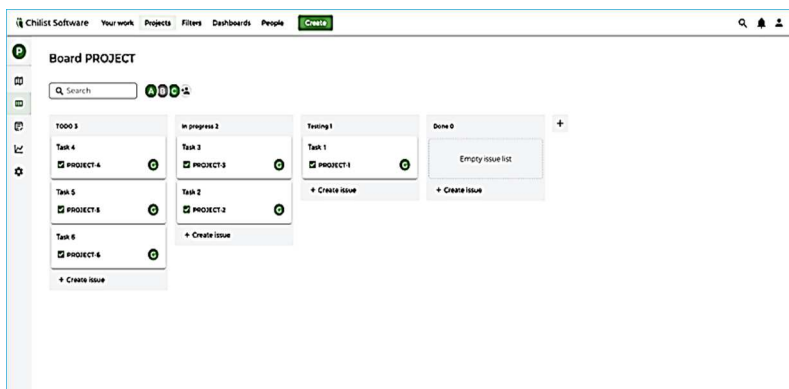


Рисунок 3. Інтерфейс системи “Chilist Software”

В результаті розробки отримано цілком працюючу систему керування проектами, яка надійно та швидко виконує всі запити, які надходять від клієнта. Передбачено оновлення в Live-режимі за допомогою Websocket-ів для забезпечення можливості користування дошкою декількома користувачами.

Література

1. Приймак В. М. Управління проектами. Навчальний посібник – К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2017. – 464 с.
2. Jira [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.atlassian.com/ru/software/jira>
3. Trello [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trello.com>.
4. Asana [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://asana.com>.
5. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. Unified Modeling Language Reference Manual Guidem (Addison-Wesley Object Technology Series) – Addison-Wesley Longman, 1999. – 550 p.
6. Nginx [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nginx.org/ru/>
7. PHP-FPM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.php.net/manual/ru/install.fpm.php>.

Для нотаток

Для нотаток

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ
МОДС 2021**

**ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**
(28 червня – 01 липня 2021 р., Україна, м. Чернігів)

Тези доповідей

Комп'ютерне складання та верстання

О. В. Логінов,
О. М. Хропатий,
К. П. Гузь

Підписано до друку 01.07.2021. Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 8,6. Тираж 300 пр. Зам. № 25/21.

Національний університет "Чернігівська політехніка"
14035, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 7128 від 18.08.2020 р.