



Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара



Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України



ННК «Інститут прикладного системного аналізу»
НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»



Київський національний університет ім. Т. Шевченка



ІТ компанія MalevichStudio ОÜ у Естонії



ІТ компанія DataArt

XXII міжнародна науково-практична конференція

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
(МПЗІС-2024)
*ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ***

**MATHEMATICAL SUPPORT AND SOFTWARE
FOR INTELLIGENT SYSTEMS
(MSSIS-2024)
*ABSTRACTS***



20-22 листопада 2024 року
Дніпро, Україна

Міжнародний науковий комітет

М. Згуровський	– академік НАН України, Україна
І. Сергієнко	– академік НАН України, Україна
О. Хіміч	– академік НАН України, Україна
А. Чикрій	– академік НАН України, Україна
Ю. Крак	– член-кореспондент НАН України, Україна
Н. Панкратова	– член-кореспондент НАН України, Україна
С. Яковлев	– член-кореспондент НАН України, Україна
V. Deineko	– професор, Англія
Y. Melnikov	– професор, США
O. Blyuss	– професор, Англія
T. Romanova	– професор, Англія
M.Polyakov	– засновник компанії Noosphere Ventures USA, Inc, США

М 34 Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2024): Тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 20-22 листопада 2024 р. / Під загальною редакцією О.М. Кісельової. – Дніпро: ДНУ, 2024. – 316 с. – Текст: укр., англ.

Щорічна міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (МПЗІС) є актуальним та затребуваним форумом фахівців з прикладної математики, інтелектуальних систем прийняття рішень, системного аналізу, новітніх інформаційних технологій. Конференція демонструє актуальність проблем розробки, створення та впровадження нового покоління систем управління та обробки інформації – інтелектуальних систем, а також тематики автоматизації управління в умовах прискореного розвитку математичної теорії і застосувань інтелектуальних систем і середовищ, їх широкого впровадження в повсякденну практику. Тези конференції публікуються в авторській редакції.

М 34 Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2024): Abstracts of the XXII International scientific and practical conference, Dnipro, November 20-22, 2024 / Under the general editorship of E.M. Kiseleva. – Dnipro: DNU, 2024. – 316 p. – Text: ukrainian, english.

The annual international scientific and practical conference "Mathematical support and software for intelligent systems" is a relevant and popular forum of specialists in applied mathematics, intelligent decision-making systems, system analysis and the latest information technologies. The conference demonstrates the relevance of the problems of development, creation and implementation of a new generation of information management and processing systems - intelligent systems, as well as of the topics of control automation in the context of accelerated development of mathematical theory and applications of intelligent systems and environments, their widespread adoption in everyday practice. Conference abstracts are published in the author's edition.

Оргкомітет:

голова	<u>Кісельова Олена Михайлівна</u> – член-кореспондент НАН України, декан факультету прикладної математики та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, д-р фіз.-мат.наук, професор
вчений секретар	<u>Кузенков Олександр Олександрович</u> – канд.фіз.-мат.наук
члени	О.Г. Байбуз – д-р тех.наук; Н.А. Гук – д-р фіз.-мат.наук; Л.Л.Гарт – д-р фіз.-мат.наук; О.М. Притоманова – д-р фіз.-мат.наук; В.А. Турчина – канд.фіз.-мат.наук; Т.А. Зайцева – канд.тех.наук; Н.В. Балейко – м.н.с.; Н.Є. Ядечко – пров.інж.
Адреса Оргкомітету:	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Кафедра обчислювальної математики та математичної кібернетики пр. Гагаріна,72, Дніпро, 49010, Україна телефон: +38(067)772-11-51 e-mail: mpzis_dnu@ukr.net URL : mpzis.dnu.dp.ua

IMPROVED METHOD OF AUTOMATIC FILTERING OF GRAYSCALE IMAGES

Akhmetshina L.G., akhmlu1@gmail.com,

Yegorov A.A., for ___students@ukr.net

Dnipro National University named by O. Honchar

Introduction. During processing images, it is often necessary to solve a filtering problem, the complexity of which is determined by a number of factors, for example, the lack of a priori information about the noise characteristics, and uncertainty of the parameters of the selected filtering algorithm. Therefore, the development of automatic/automated filtration methods is relevant, an example of which is the automatic filtration method described in the work [1].

Statement of the problem. This paper proposes an improved method for automatic filtering of grayscale images, the efficiency of which is improved by changing the coefficients of the weighted sum and adding a stage of adjusting the brightness of the output image.

Solution of the problem. In the proposed method, as in the original [1], the brightness values of the pixels of output image I_2 are calculated based on the corresponding brightness values of the pixels of input image I pre-scaled to the [0,1] using overlapping 5x5 windows. However, controlled brightness correction of the output image is added:

$$I_2(y, x) = \min(I_1(y, x) / (K_1)^{K_1 + (I_1(y, x) - I(y, x)) / (1 + K_1 + I_1(y, x))}, 1). \quad (1)$$

In this case, the image I_1 is calculated using the formulas:

$$I_1(y, x) = \left(s_1 \cdot (1 - (0.5 + \Delta_2) \cdot (K_0 + K_1) / 2) + \overline{w_2} \cdot (0.5 - \Delta_2) \cdot (K_0 + K_1 + K_2) / 3 \right) \cdot (1 - (0.5 + \Delta_3) \cdot (K_0 + K_1 + K_2) / 3) + \overline{w_3} \cdot (0.5 - \Delta_3) \cdot (K_0 + K_1 + K_2 + K_3) / 4, \quad (2)$$

$$s_1 = I(y, x) \cdot (1 - (0.5 - \Delta_1) \cdot K_0) + \overline{w_1} \cdot (0.5 + \Delta_1) \cdot (K_0 + K_1) / 2, \quad (3)$$

where $\overline{w_1}$ is average of the pixels $w_{2,3}$, $w_{3,4}$, $w_{3,2}$ and $w_{4,3}$ (the numbering of pixels in the window occurs from left to right for the 1st index, from top to bottom is for the 2nd index); $\overline{w_2}$ is average of the pixels $w_{2,2}$, $w_{2,4}$, $w_{4,4}$, $w_{4,2}$, $w_{3,1}$, $w_{3,5}$, $w_{5,3}$, $w_{1,3}$, and $\overline{w_3}$ is average of the unused pixels of the current window,

except for the central one ($w_{3,3}$); $\Delta_1 = (w_{3,3} - \bar{w}_1) \cdot K_1$; Δ_2 and Δ_3 are calculated similarly using the values \bar{w}_2 , K_2 and \bar{w}_3 , K_3 , accordingly; $K_0=1$, $K_2=1/\sqrt{2}$, $K_3=K_1/(2\sqrt{2})$. K_1 is selected on the $[0.85, 0.9]$, where smaller values lead to some increase in brightness compared to the original image, larger ones lead to a decrease, and values from the center lead to the current brightness level. Calculation of the \bar{w}_1 , \bar{w}_2 and \bar{w}_3 occurs on the basis of already calculated values of the corresponding pixels of the I_1 .

The experimental results were obtained on the example of processing a fragment of a grayscale image of Saturn, on the selected part of which Gaussian noise with parameters $\mu=0$ and $\sigma=0.017$ was superimposed (Fig. 1 a). On the fig. 1 b and c the results of applying the original and improved ($K_1=0.8765$) methods of automatic filtering are presented, respectively. The usage of the improved method compared to the original one allowed us to reduce the graininess in the noisy area, which shows its greater efficiency.

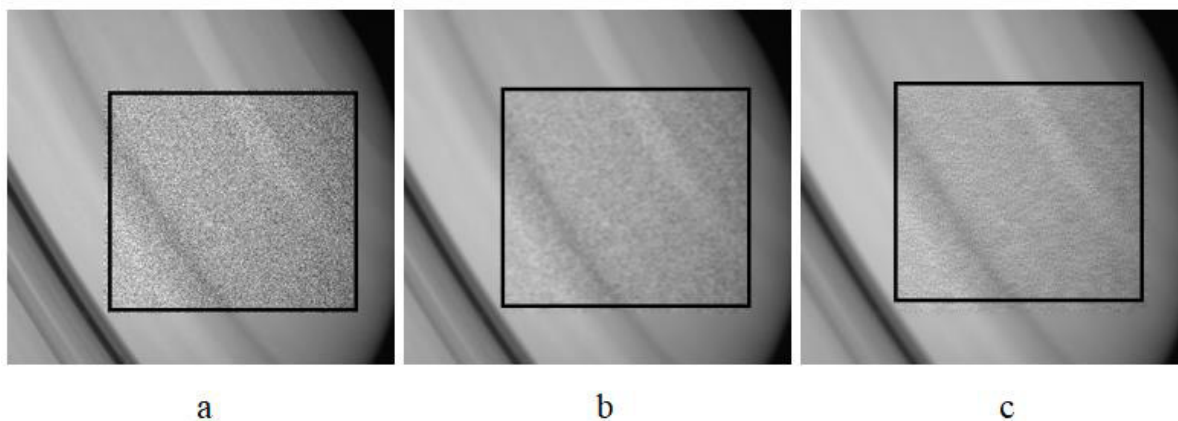


figure 1 – The results of processing: a – source image; application of automatic filtration method: b – original; c – improved.

Literature

1. Akhmetshina L.G., Yegorov A.A. The method of automatic filtering grayscale images. *MPZIS-2023: tezy dop. XXI Mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Dnipro, 22–24 lyst. 2023 r. / Pid zahal'noyu redaktsiyeyu O.M. Kisel'ovoyi, DNU, 2023. С. 3–4.*

EXPLORING MODERN APPROACHES TO CLOUD INFRASTRUCTURE FOR WEB-BASED SAAS APPLICATIONS

Bakhmetiev B. S., Mykhalchuk H.Y., bogdan.bahmet@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The focus of this research is the development and deployment of scalable and resilient cloud infrastructure for SaaS applications. In the evolving landscape of digital services, the demand for applications that can seamlessly scale to meet user demands and remain highly available is paramount. This study specifically addresses the challenge of creating a hybrid architecture that integrates both monolithic and serverless components to optimize performance, manage costs, and enhance security of modern web solutions.

The chosen hybrid architecture leverages AWS services, allowing for a robust and adaptable structure. By combining traditional monolithic deployment for core services with serverless functions for specific tasks, this approach balances flexibility with cost-effectiveness. Additionally, the use of AWS-native tools like VPC, WAF, and CloudFront ensures enhanced security and reliability, key factors for SaaS applications in a cloud environment. All architecture components were written using IAC (Infrastructure as a code) technology – Terraform. Using Terraform allowed infrastructure to be easily manageable and quickly replicable.

The implemented solution is based on a hybrid architecture that combines both monolithic and serverless components, designed to optimize scalability, flexibility, and cost-efficiency. The core of the system utilizes Amazon Elastic Beanstalk to host the monolithic backend, providing a managed environment that supports automatic scaling and simplified deployments. This backend interacts with a PostgreSQL database on Amazon RDS, benefiting from its automated backup, recovery, and security configurations.

For specific microservices within the application, such as data processing tasks, we leverage AWS Lambda and API Gateway, providing on-demand

computing power without the need for server management. This serverless setup allows the architecture to scale automatically based on incoming requests. Additionally, we use CloudFront for optimized content delivery, NAT Gateway for secure internet access within private subnets, and AWS WAF to enhance security for API endpoints by controlling and filtering traffic.

The infrastructure was tested under various load conditions to ensure it could handle peak traffic while maintaining performance. By simulating high traffic and monitoring response times, we verified the system’s ability to scale with demand. CloudWatch was used to collect metrics on across Elastic Beanstalk instances, as well as latency measurements for Lambda functions. The performance of the architecture built are described in Table 1.

Table 1 – Implemented architecture performance under workloads

Test Scenario	Requests per Second	Average Response Time (ms)	CPU Utilization (%)	Memory Utilization (%)	Lambda Invocation Latency (ms)	Error Rate (%)
Low Traffic	50	120	25	30	100	0.1
Moderate Traffic	200	150	45	55	120	0.2
High Traffic	1000	200	70	75	180	0.5
Peak Traffic	5000	350	85	90	300	1.2

The results showed that the hybrid model effectively managed resources under load, with minimal latency observed even during simulated high-demand periods. These tests confirmed the reliability and adaptability of the architecture, demonstrating its suitability for dynamic SaaS environments.

Future research could explore the expansion of this hybrid model to integrate additional AWS services or alternative cloud providers, such as Google Cloud Platform or Microsoft Azure, for multi-cloud resilience.

ON USE OF POWER ACTIVATION FUNCTIONS WITH A DEGREE LESS THAN 1 IN NEURAL NETWORKS

Belozyorov V.Ye., belozvye2017@gmail.com

Koshel Y.V., eugenefade@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The report presents a study of solutions to an ODE system with a special nonlinear part, which is a continuous analogue of an arbitrary recurrent neural network (NODE). As a nonlinear part of the specified NODE system, power functions of fractional degree less than 1 were used as activation functions. The use of power activation functions (PAF [1]) in neural networks is a generalization of well-known rectified linear units (ReLU). Currently, ReLUs are widely used to increase the learning depth of a neural network. Therefore, the introduction of PAFs into neural networks expands the capabilities of ReLU.

A wide range of natural phenomena (including chaotic ones) can be approximated by power laws. Moreover, models of chaotic processes usually contain unlimited nonlinearities and, at the same time, describe a limited and stable process. Therefore, to solve numerous problems related to the stability of neural networks, it is necessary to expand the class of activation functions. At present, this set already includes unlimited activation functions. In this regard, the creation of neural networks with unlimited PAF requires guaranteeing the conditions of stability or at least the limitedness of solutions of the equations describing neural networks. Note that the introduction of PAF pursues two goals:

1. It is necessary to obtain verifiable Lyapunov stability conditions for solutions of ODE systems with PAF; this guarantees the adequacy of the model to the process under study. In addition, it follows from the global boundedness of continuous ODE solutions that the training process of the corresponding neural network will not diverge for any training sample.

2. It is necessary to show that for modeling real dynamic processes, the use of PAF of fractional power less than 1 gives better approximation results than modeling using $\tanh(x)$ or ReLU. This is due to the fact that an angle of inclination of PAF to the axis x can be reduced down to zero. At the same time (in contrast to $\tanh(x)$), PAF remains unbounded.

In this work, both of these goals were achieved.

1. Belozyorov V. Ye., Dantsev D. V. Stability of neural ordinary differential equations with power nonlinearities. Journal of Optimization, Differential Equations and Their Applications (JODEA). 2020. V. 28(2). - P. 21 - 46.

CONTINUOUS DEPLOYMENT OF OTA UPDATES IN IOT SOLUTIONS

Chukov O., armstrong1985@gmail.com

NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Continuous deployment is a strategy in software development where code changes to an application are released automatically into the Production.

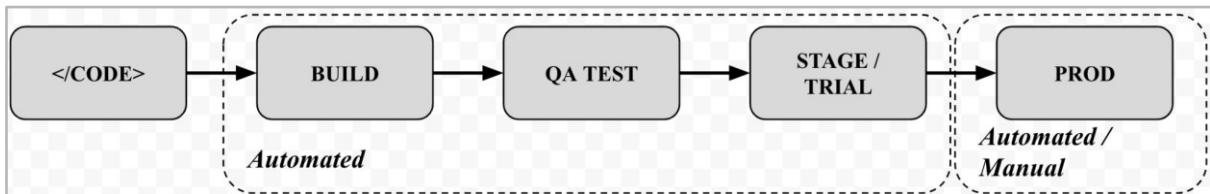


Figure 1. Continuous deployment flow

In IoT solutions, the deployment of updates, which is usually done via the rollout of OTA (over-the-air) update, is still mostly done manually (or semi-manually) with a human (expert) to decide on each rollout stage.

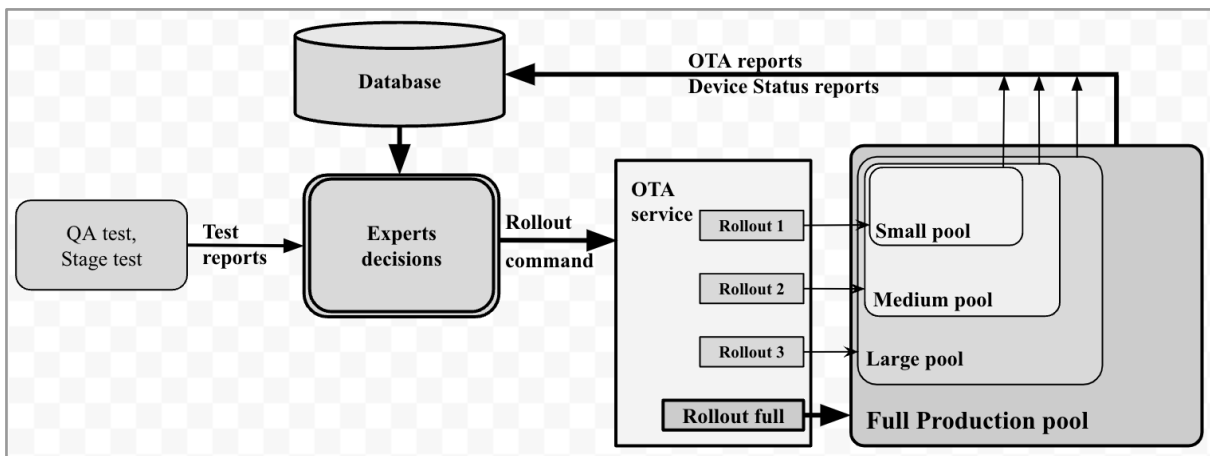


Figure 2. Manual deployment of OTA updates

This work proposes a concept of automated Production deployment for IoT solutions, minimizing human interaction, or avoiding it at all. The concept is built on adding into the workflow the “Data Processing and Decision-Making” (DPDM) unit, which makes all the decisions automatically. A human (expert)

might still be involved in the stage of initiating the deployment, while control of each iteration of the rollout is done by DPDM.

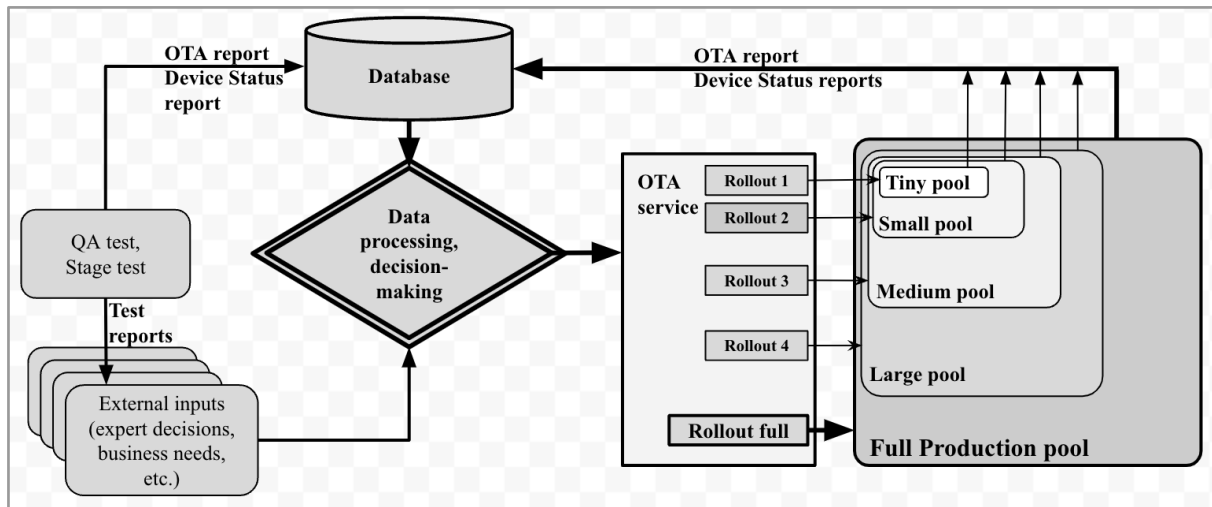


Figure 3. Automated deployment of OTA updates with multiple iterations

Due to rollouts being automated, a deployment could be done iteratively starting from a very small (tiny) pool, with each next iteration targeting a slightly bigger pool, up to full Production rollout on the final stage. Each IoT device should be able to send its OTA status report and Device operability status report to the shared database. The DPDM requests an aggregated rollout report from the database, compares its fields to the pre-defined criteria, and decides on launching the next rollout stage. If criteria are not met, the DPDM stops the deployment, requests a human (expert) interaction, and may perform rollback automatically.

Continuous deployment of OTA updates in IoT solutions becomes feasible with the proposed concept. Implementation of this allows to minimize human interaction, reduce costs for deployment, accelerate feedback loop, and improve quality.

References:

1. <https://www.ibm.com/topics/continuous-deployment> - What is continuous deployment?

ANALYSIS AND RESEARCH OF D-DATABASE EEG DATA USING HURST INDICATORS AND RECURRENCE DIAGRAMS

Didkovskiy A.V. didkovskiy.anton@gmail.com

Zaitsev V.H. vadym.zaytsev65@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University

Research on patients' electroencephalogram (EEG) signals prior to epileptic seizures is a crucial step in developing effective methods for predicting seizures [1]. The relevance of this study lies in the need to implement methods that provide rapid and accurate analysis, enabling the identification of potential precursors to epileptic seizures. The study employs Joint Recurrence Quantitative Analysis (JRQA) metrics to examine the complexity and recurrence of signals, along with the Hurst Exponent, which indicates the nature of the signal dynamics — whether trending or random [2,3]. This combination of methods offers a deeper analysis of pre-epileptic signal structures [4].

The challenge for researchers is integrating JRQA and the Hurst Exponent to improve the accuracy of predictions and the understanding of pre-epileptic signal behavior. While the combined use of these methods has been discussed in scientific literature (e.g., [4-5]), the lack of a unified approach for their joint application in analyzing pre-epileptic signals leaves room for further investigation.

In this study, we clustered signals obtained from EEG data processing by calculating JRQA metrics and the Hurst Exponent [5]. The k-means method was used for clustering, along with the “elbow” criterion to determine the optimal number of clusters. Analysis of 100 normalized signals demonstrated that recurrence diagrams could reveal hidden patterns, potentially indicating subtypes of epileptic seizures or other regularities. These results may serve as a foundation for more in-depth research on identifying pre-epileptic markers.

The research findings have been shared with the Department of Neurology at the Dnipro State Medical University (Prof. Pogorelov O.V., MD).

1. **Acharya, U. R., Sree, S. V., Chattopadhyay, S., & Min, L. C. (2012).** Automated diagnosis of epilepsy using entropies. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 32(4), 232-241.
2. **Kantz, H., & Schreiber, T. (2004).** *Nonlinear Time Series Analysis*. Cambridge University Press.
3. **Hurst, H. E. (1951).** Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116(1), 770-799.
4. **Marwan, N., Romano, M. C., Thiel, M., & Kurths, J. (2007).** Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5-6), 237-329.
5. **Schindler, K., Leung, H., Elger, C. E., & Lehnertz, K. (2007).** Assessing seizure dynamics by analysing the correlation structure of multichannel intracranial EEG. *Brain*, 130(1), 65-77.

OPTIMIZING FUZZY LOGIC BASED TEXT SENTIMENT ANALYSIS THROUGH MACHINE LEARNING

Dzhenkova M., dzhenkova.mariya@gmail.com,

Sheveleva A., shevelevaee@dnu.dp.ua

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

Nowadays text sentiment analysis is becoming more and more discussed topic in different fields. It is used in various businesses to enhance client-oriented communication. Different research exists on the text sentiment analysis topic, most of them rely on neural networks mechanisms [1]. Since usage of neural networks often corresponds with complicated systems that require a lot of learning data and time, it is proposed to use hybrid approach, hence develop a fuzzy inference system that uses machine learning algorithms to automatically update itself.

Fuzzy logic is an extension of binary logic that allows for more complex and fuzzy parameters to be handled [4]. That is why it is very well suited to problems related to human thinking, namely, the analysis of emotions. Though fuzzy logic is quite a powerful solution, it requires initial knowledge base, that can be created by independent researcher. In this case this might create additional problems, such as errors during inference due to inaccurate settings. Machine learning technics can be used to resolve the issue and make the system more stable.

For testing purposes light-weighted fuzzy inference system was created. For visual representation Fuzzy Logic Toolbox add-on from MATLAB was used [3]. System includes 3 linguistic variables: negative, neutral, positive. The words are assigned values from [0, 1] range, where 0 mean negative and 1 – positive. The system includes 3 sample rules. As membership functions Gaussian and triangle type functions are used.

The “min” operator is used as a fuzzy aggregation method to combine the word-level sentiment scores into a sentence-level score. The same way it works

for sentence-text sentiment scores. The chosen defuzzification method is center of gravity method.

After initial fuzzy system modeling is completed, machine learning part can be introduced. In this case it is proposed to use machine learning algorithm to define membership function parameters. The training process is described using the loss function minimization [2].

After machine learning process is completed, fuzzy inference system can obtain the updated membership function. This means that membership functions can be regulated overtime.

Integration of machine learning into the fuzzy inference system creates a light weighted mechanism that makes the system much more flexible and adaptive. The future work is going to be based on the extension of optimized parameters of the fuzzy inference system, modeling of more complex system, and program implementation development.

References

1. Bhavitha B.K., Rodrigues A.P., Chiplunkar N.N. Comparative Study of Machine Learning Techniques in Sentimental Analysis // Proceedings of the 2017 International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 10-11 March 2017, Coimbatore, India, pp. 216-221. <http://dx.doi.org/10.1109/ICICCT.2017.7975191>
2. Terven J., Cordova-Esparza D., Ramirez-Pedraza A., Chávez Urbiola E. Loss Functions and Metrics in Deep Learning. A Review // p. 53, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.02694>
3. Sivanandam S. N., Sumathi S., Deepa S. N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB // Springer Berlin, Heidelberg pp. 113-149, 2007. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-35781-0>
4. Zadeh L. A. Fuzzy logic = computing with words. IEEE // Transactions on Fuzzy Systems 4 (2). p. 103, 1996

METHOD OF IDENTIFICATION OF A DYNAMIC SYSTEM WITH UNKNOWN INPUT ACTIONS

Gorodetskyi V, v.gorodetskyi@ukr.net, Osadchuk M., Dubovyk V.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The problem of identifying dynamic systems based on time series of observed variables occurs in many fields of science and technology. One of the types of mathematical models of dynamic systems are systems of ordinary differential equations (ODE). Numerical methods of identification, for example, the method of least squares (LSM) [1] or Bock's algorithm [2], are known for autonomous systems of ODE that do not have input actions. At the same time, the problem of identifying a non-autonomous system of ODE, which has variable input actions, is more difficult. In the review [3], it is noted that the solution of such a problem in most cases requires simultaneous knowledge of the time series of the input actions and the observed variables of the system.

In the article [4], a method of identification by time series of the observed variables of the non-autonomous ODE system with polynomial right-hand sides of the equations is proposed. At the same time, the structure of the system equations, the value of constant coefficients and the number of input actions are considered unknown. The method is based on the assumption that the rate of change of the input actions is much smaller than the rate of change of the observed variables, and uses an idea similar to [5]. First, a section ("window") is selected from the time series, within which the identification of the autonomous system of the ODE is carried out using the LSM, the result of which is the value of the coefficients of the system associated with the given position of the window. The window is then moved and identification is performed to determine the coefficients associated with the new position of the window. Thus, by repeatedly moving the window and identifying the autonomous

systems of the ODE, it is possible to identify the time series of the coefficients of the unknown non-autonomous system of the ODE. Further analysis of these time series allows us to establish which coefficients of the ODE system are zero, which are constant, and which are input actions.

The application of the proposed method to systems of ODE with unknown structure of equations and input actions showed that the method correctly identifies time series of input actions. At the same time, in contrast to [5], not only the input influences are identified, but also the structure of the equations and the values of the constant coefficients of the ODE system.

References

1. G. E. Forsythe, C. D. Moler, Computer solution of linear algebraic systems, Prentice-hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1967, 148 p.
2. E. Baake, M. Baake, H. G. Bock, K. M. Briggs, Fitting ordinary differential equations to chaotic data // Physical Review A. – 1992. – vol. 45. – P. 5524–5529.
3. L. A. Aguirre, C. Letellier, Modeling Nonlinear Dynamics and Chaos: A Review // Mathematical Problems in Engineering. – vol. 2009, article ID 238960. – 35 p.
4. V. Gorodetskyi, M. Osadchuk, Identification of oscillatory systems with unknown continuous input actions // International Journal of Dynamics and Control. - 2024. - DOI: 10.1007/s40435-024-01458-9
5. V. S. Anishchenko and A. N. Pavlov, Global reconstruction in application to multichannel communication // Phys. Rev. E. – 1998. – vol. 57. – N 2. – P. 2455-2457.

FINANCIAL FORECASTING STRATEGIES: INTEGRATING DATA-DRIVEN APPROACHES AND ADVANCED MODELS

Guk N.A., Gerasimov E.A. izanamissues@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University

Forecasting plays a crucial role in daily decision-making, whether it's predicting weather patterns or anticipating business outcomes. Financial institutions depend on forecasting to project budgets, trends, and performance indicators. Just as meteorological agencies utilize data to forecast weather, businesses analyze historical data to predict future trends, enabling informed decisions that can significantly impact their success. Effective financial forecasting is essential for maintaining a competitive edge, equipping companies with the insights needed to allocate budgets wisely and pursue strategic objectives.

Financial forecasting revolves around three key reports: the Income Statement, Balance Sheet, and Cash Flow Statement. These reports are vital for managers, investors, and auditors, providing valuable insights into a company's financial health and intrinsic value. The two main approaches to forecasting are qualitative and quantitative. Qualitative forecasting relies on subjective factors, such as reasoning and intuition, while quantitative forecasting uses mathematical models for a more objective analysis of data.

Quantitative forecasting methods can be divided into two categories: time-series models and associative (or causal) models. Time-series models analyze historical data to predict future trends by identifying patterns within the data. In contrast, associative models establish projections by linking forecasted quantities to other variables, employing techniques like regression, covariance, and correlation analysis.

Time-series models are particularly effective for analyzing data collected chronologically and forecasting future values based on past observations. These

models are widely used across various fields, including economics, finance, meteorology, and engineering. They offer several capabilities, making them essential for sequential data analysis. For instance, they help forecast future values, detect seasonality by identifying recurring patterns, and reveal long-term trends that provide insights into the data's trajectory. Additionally, time-series models are valuable for volatility analysis, assessing variability and associated risks, and detecting anomalies that may warrant further investigation.

To gather the necessary data for forecasting, research was conducted on various open sources of financial information about companies. Many of these sources were incomplete or offered only annual reports. Ultimately, Alpha Vantage was chosen for its comprehensive time series of a company's financial statements from its inception. This source includes all three components of the financial system, with both annual and quarterly details. The primary focus, from a forecasting perspective, is the financial results found in the Income Statement, leading to the development of a system for efficiently downloading this data.

**ON NUMERICAL ALGORITHMS FOR SOLVING OPTIMAL
CONTROL PROBLEMS WITH FIXED ENDPONTS****Hart L.L.**, *ll_hart@ukr.net*, **Petrov I.S.**, *ipetrov2k3@gmail.com**Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)*

Fixed-endpoint optimal control problems are widely used in modern science and technology, particularly in areas such as autopilots, energy systems, economics, biomedicine and robotics. In each of these fields, the use of the Pontryagin maximum principle makes it possible to find effective solutions for controlling dynamic systems under specified endpoint conditions.

To solve optimal control problems for systems with lumped parameters, the Pontryagin maximum principle is widely used, the application of which has been studied in many scientific works, including the works of A.E. Bryson, D.E. Kirk, R. Bonalli [1], A. Lovison [2] and others. However, the issues of developing new and improving existing numerical methods and algorithms [3], which would provide high accuracy and efficiency in solving the boundary value problem of the maximum principle, for complex optimization problems still remain relevant.

The purpose of the study is the software implementation and analysis of the practical convergence of numerical algorithms for solving the optimal control problem with fixed endpoints [4]: it is required to minimize the functional

$$J(u) = \frac{1}{2} \int_0^T (x^2 + u^2) dt \quad (1)$$

under the conditions $\dot{x} = -ax + u$, $x(0) = x_0$, $x(T) = x_T$. Here, x_0 , x_T , a , $T > 0$ are given constants; no additional constraints imposed on the control $u \equiv u(t)$.

To achieve this objective, an analytical solution of the boundary value problem based on the Pontryagin maximum principle was performed, the algorithms of the reduction method and the shooting method were implemented

in the C++ programming language, and a comparative analysis of the numerical and graphical results was carried out. The main results of the work in the case of input data $x_0 = 1$, $x_T = 2$, $a = 1$, $T = 1$ are presented below (Table 1, Figs. 1–3).

Table 1. Numerical results obtained for the state and control functions (abridged)

t	Reduction Method		Shooting Method		Exact Solution	
	$x(t)$	$u(t)$	$x(t)$	$u(t)$	$x(t)$	$u(t)$
0	1,000000	0,937612	1,000000	0,906314	1,000000	0,869777
0,5	1,194556	2,140152	1,193630	2,135106	1,189917	2,111201
1	2,000000	4,395655	2,000000	4,419092	2,000000	4,452949

```

Error norm of the reduction method for x(t): 0.068065
Error norm of the shooting method for x(t): 0.010645

Error norm of the reduction method for u(t): 0.115951
Error norm of the shooting method for u(t): 0.093275

Calculation error of the functional J(u) of the reduction method: 0.076158
Calculation error of the functional J(u) of the shooting method: 0.071520
    
```

Fig. 1 – Calculation errors

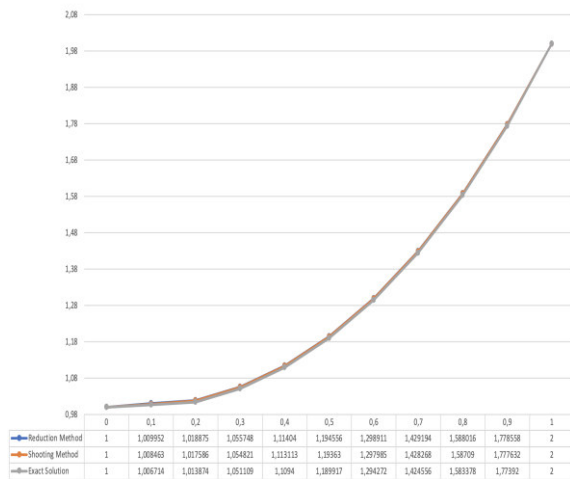


Fig. 2 – Graphical comparison of results for the state $x(t)$

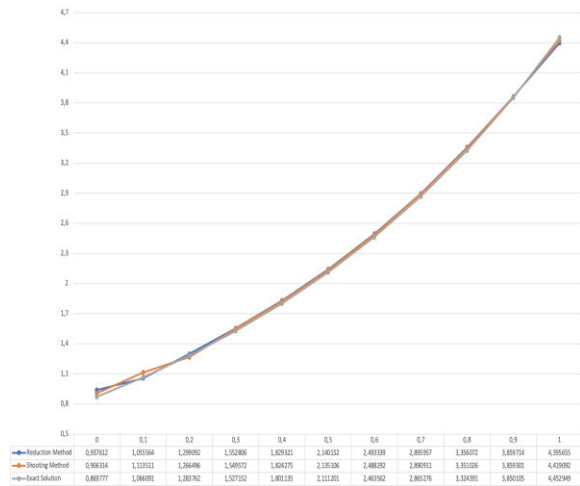


Fig. 3 – Graphical comparison of results for the control $u(t)$

The reduction method demonstrates a slightly higher error than the shooting method. To reduce the error of the reduction method, one can use more

precise Cauchy problem-solving methods, such as higher-orders Runge-Kutta methods, or increase the discretization order of the problem, which can obviously lead to an increase in computational costs. For the shooting method, the error can be reduced by improving the iteration algorithms, such as using higher-order optimization methods or adjusting the initial values of the shooting parameter.

The results of the study can be applied in teaching practicums in the disciplines “Optimization Methods and Operations Research” and “Control Theory”, as well as in further studies of optimal control problems for systems with lumped parameters arising in various fields of science and technology. The scientific contribution consists in creating software for the numerical analysis of controlled processes with fixed endpoints and expanding the possibilities of its practical use.

Bibliographic references

1. Bonalli R., Bonnet B. First-order Pontryagin maximum principle for risk-averse stochastic optimal control problem. *SIAM Journal on Control and Optimization*. 2023. 61(3). Pp. 1881–1909. doi: 10.1137/22M1489137.
2. Lovison A., Cardin F. A Pareto–Pontryagin maximum principle for optimal control. *Symmetry*. 2022. 14(6). 1169. doi: 10.3390/sym14061169.
3. Hart L.L. Calculating the optimum two-link robot arm with respect to movement time. *Journal of Mathematical Sciences*. 2001. 107(6). Pp. 4458-4463.
4. Vasiliev F.P. Lectures on methods for solving extremal problems. MSU Publishing House, 1974. 376 p.

A REFINED APPROACH TO THE EM-ALGORITHM FOR ESTIMATING MIXTURE DISTRIBUTIONS

Iskandarova-Mala Anastasiia, anastasia.iskandarova@gmail.com

Nakonechna Tetiana, naktanya@ukr.net

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

In statistical analysis and data clustering, identifying components in a mixture distribution poses challenges across various fields, from bioinformatics to market segmentation. The Expectation-Maximization (EM) algorithm is a vital tool for normal distribution mixtures where the number of components is unknown. However, its limitations in estimating the number of components restrict broader applications. This paper addresses these limitations by introducing a refined approach that enhances the algorithm's performance in reconstructing data distributions with minimal error, particularly for histogram data.

The EM algorithm operates as an iterative optimization technique alternating between an expectation (E-step) and a maximization (M-step) phase. The E-step calculates the expected value of hidden variables based on current estimates, while the M-step adjusts parameters to maximize the likelihood function. This cycle continues until convergence, estimating parameters that best describe the data. Traditionally, the EM algorithm assumes a known number of components, which is a significant limitation in practical applications. In real-world scenarios, data is often incomplete or noisy, making the number of components difficult to determine. Several criteria, such as the Akaike Information Criterion (AIC) and cross-validation, have been used to approximate the optimal component number. However, these methods are often computationally intensive and may not yield optimal results, especially for complex data sets.

The proposed approach overcomes these challenges by employing a histogram with optimal nodes to approximate the data distribution, utilizing Gaussian functions to reconstruct the original data. Each node represents a local maximum or minimum in the data density. By optimizing the number of nodes, the approach minimizes reconstruction error, providing a more accurate representation of the underlying structure. This methodology enhances component estimation and computational efficiency. Gaussian functions provide a smooth approximation of the data, useful in sparse or noisy scenarios, improving the separation of overlapping components.

An essential aspect of this approach is selecting an optimal stopping criterion for the EM iterations. Standard implementations often rely on fixed convergence thresholds, which may not suit all data types. Our approach adapts the convergence criterion based on histogram reconstruction error, ensuring efficient convergence and minimizing underfitting and overfitting. Integrating this with a cross-validation framework refines component estimation, making the EM algorithm more robust against noise or outliers.

The refined EM algorithm introduced here significantly advances the estimation of mixture distributions, particularly for normal distributions where component numbers are unknown. By utilizing a histogram with optimal nodes and a continuous Gaussian function, this approach minimizes reconstruction error and enhances efficiency. The adaptive stopping criterion and integration with cross-validation improve robustness, making it a versatile tool for precise component estimation. This methodology extends the EM algorithm's utility and paves the way for future research into sophisticated clustering techniques. As data complexity grows, such advancements are crucial for ensuring that statistical models remain accurate and efficient.

SIMULATION OF THE PROBLEM OF LOCATION OF ASSISTANCE CENTERS FOR TEMPORARILY DISPLACED PERSONS

Kiselyova O.M. ¹, kiseleva47@ukr.net,
Stroieva V.O. ², vikastroeva@ukr.net, **Zhuravskiy D.O.** ², sasha_zhuravskiy@ukr.net
¹ *Oles Honchar Dnipro National University*
² *Dniprovsky State Technical University*

In the conditions of a full-scale war, Dnipropetrovsk region became an outpost for people who decided to leave their homes for their salvation. Such migration requires special attention of local self-government bodies to the needs of new residents and determines the formation of local plans to provide temporarily displaced persons (TDOs) with everything they need. And for this, it is important to develop such an algorithm of actions so that all services and organizations involved in this process work clearly, harmoniously and stably.

The work sets out the task of developing a mathematical model for the optimal placement of assistance centers for TDOs on the territory of certain United Territorial Communities (UTCs) of the Dnipropetrovsk Region. First, we systematized, ordered and formed the relevant data on the number, area, population and type of UTCs. Based on this, for the formation of the population density function, the community territory was discretized. Thus, it is necessary to divide the set of TDOs Ω into their zones belonging Ω_i to ten TDOs assistance centers so that

$$\bigcup_{i=1}^{10} \Omega_i = \Omega, ; \text{mes}(\Omega_i \cap \Omega_k) = 0, \quad i \neq k, \quad i, k = \overline{1, 10},$$

and place these centers in the region Ω in such a way as to minimize budget funds for their maintenance:

$$F((\Omega_1, \dots, \Omega_{10}), (\tau_1, \dots, \tau_{10})) = \sum_{i=1}^N \left[a_i y_i + \iint_{\Omega_i} c(x, \tau_i) \rho(x, y) dx dy \right]$$

де $\rho(x, y)$ – density of demand for administrative services in the region Ω ;
 (x, y) – residence coordinates TDOs; τ_1, \dots, τ_{10} – points of possible placement of

centers; $c(x, \tau_i)$ – conditional distance from TDOs to the center; a_i – maintenance costs of the i -th center; $Y_i = \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy$ – power of the center in the region Ω_i .

The capacity of the i -th center is determined by the total demand of TDOs for administrative services, which belong Ω_i and should not exceed the existing capacities of the centers determined by the relevant restrictions:

$$\int_{\Omega_i} \rho(x) dx = b_i, \quad i = 1, \dots, p, \quad \int_{\Omega_i} \rho(x) dx \leq b_i, \quad i = p + 1, \dots, 10.$$

At the same time, the solvability conditions of the problem must be fulfilled:

$$S = \int_{\Omega} \rho(x) dx \leq \sum_{i=1}^{10} b_i, \quad 0 \leq b_i \leq S, \quad i = 1, \dots, 10.$$

At the same time, according to the regional definition, among the located centers there must be several institutions of the category – a center with employment services, and others – social and humanitarian, for which the corresponding budget burden is set:

$$0 \leq \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy \leq b_i, \quad i = 1, \dots, p; \quad \iint_{\Omega_i} \rho(x, y) dx dy = b_i, \quad i = p + 1, \dots, 10.$$

The presented problem is a linear continuous one-product problem of optimal partitioning of a set $\Omega \in E^n$ into its non-intersecting subsets $\Omega_1, \dots, \Omega_{10}$ (among them may be empty) with placement of the centers of these subsets under restrictions in the form of equalities and inequalities.

**MATHEMATICAL MODELING OF THE PROBLEMS OF OPTIMAL
DISTRIBUTION AND PLANNING IN CONDITIONS OF
UNCERTAINTY**

Kozakova N.L., kozakova.natali@gmail.com, **Hryhorenko O.**,
Kuzenkov O.O., kuzenkov1986@gmail.com, **Baleyko N.**, nata.ba177@ukr.net
Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

This study is devoted to the development of methods for various classes of mathematical models, the practical application of which is mostly limited to the optimal partitioning of sets of different nature and content. Searching for solutions to ORM problems with variable constraints makes it possible to determine not only the location of the optimal placement, but also to give answers to the questions of the minimum number of subsets, the optimal location of the centers of such subsets, declarative or recommendatory assignment of users to centers, and cost minimization within the framework of the optimization tasks.

A significant contribution to the theory of ORM in different formulations and with different criteria to the sought solution was made by scientists of the scientific school of Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Kiselyova O.M.. Fundamental provisions and applied research in this matter are outlined in the following fundamental works of Kiselyova O.M. in co-authorship with Shor N.Z., Prytomanova O.M., Shevelova A.E., Hart L.L., Us S.A. etc.

The aim of the work was the development of new approaches to the study and solution of various classes of dynamic problems of optimal partitioning of sets, in particular with and without restrictions, one- and many-product with known and unknown coordinates of the centers of subsets, their adaptation to specific applied applications and the determination of the conditions of use of these approaches to practice-oriented tasks.

Solving the problem in a mathematical formulation made it possible to find an operational solution to a number of problems based on the already existing (calculated) results, which can be reduced to the problems of division and placement. We are talking about such tasks as: placement of air defense control centers, construction of the optimal trajectory of 3-D printing, mathematical modeling of the spread of infectious diseases, with the localization of vaccination centers and assistance to victims.

BIFURCATION ANALYSIS AND CONTROL IN NATURAL PROCESS MODELS RELATED TO DISTRIBUTION AND DISTRIBUTION

Kozakova N.L., kozakova.natali@gmail.com, Lupynskiy S.,

Kuzenkov O.O., kuzenkov1986@gmail.com, Baleyko N., nata.bal77@ukr.net

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

In its most general form, bifurcation theory is a theory of equilibrium solutions of nonlinear equations. Equilibrium solutions mean stationary, periodic and quasi-periodic solutions. The use of functional analysis in the problems of the bifurcation theory is primarily related to the justification of the possibility of simplifying problems of high and even infinite dimensions to one-, two-, or three-dimensional problems. The attractiveness of low-dimensional problems is primarily related to the projection of problems onto the space of eigenfunctions and the simplicity of the analytical solution of polynomial, differential, and integral subproblems in the context of bifurcation theory. In the study of qualitative properties of systems of differential equations, one of the main issues is the issue of nonlinear properties of integral curves when the parameters of the systems pass through certain critical values. Research and substantive interpretation of system disasters can create both numerical and analytical conditions for qualitative changes in system properties and understanding of the essence of these changes.

The mathematical model considered in the paper is presented in the following form

$$\frac{dx_j}{dt} = \sum_{i=1}^n A_{ji} \cdot a_i \cdot \left(1 - \frac{1}{K} \sum_{l=1}^n x_l\right) x_i, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

where x_j – number j -th groups, $f_i(x)$ – a function describing general capabilities i -th groups to development, A_{ji} – share of growth i -th of a group that identifies as j -th., a_i - reflects the capabilities of a group with an index i -th to growth, K - system capacity. We assume that $\sum_j A_{ij} = 1$ at any i .

Based on (1), it is obvious that the development of the group approaches zero in the case when approaches zero x_i or $\sum_{l=1}^n x_l$ approaches system capacity K .

ALGORITHMIC APPROACHES TO SOLVING DYNAMIC PROBLEMS OF OPTIMAL PLACEMENT AND DISTRIBUTION

Kozakova N.L., kozakova.natali@gmail.com, **Shvedov V.**,

Kuzenkov O.O., kuzenkov1986@gmail.com, **Baleyko N.**, nata.bal77@ukr.net

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The relevance of the topic is due to the need to develop the existing mathematical apparatus of the theory of optimal partitioning of sets in problems that are characterized by dynamics based on factors that are considered constant in the classical theory. This approach is relevant in a wide list of example tasks related to the placement of a network of stores, cell stations, public notification systems, visual and sound control, etc. The relevance of this approach was emphasized in the works of many authors, however, a holistic approach was not proposed.

One of the works in which the improvements on the theory of optimal partitioning of sets are best summarized are the works of the authors O.M. Kiselyova, L.S. Koryashkina. [1-2] in which, in particular, special attention is paid to the issue of the mathematical theory of the theory of optimal partitioning of sets of n-dimensional Euclidean space, which are non-classical problems of infinite-dimensional mathematical programming. In the mentioned work, special attention is paid to problems characterized by nonlinearity of optimality criteria, the presence of additional constraints, and variability of problem parameters. Special attention is paid in the work to the application of the theory of the theory of optimal partitioning of sets for distributed systems and the peculiarities of solutions that arise when applied specifically to parabolic-type systems. The work also considers many examples of continuous problems of the theory of optimal partitioning of sets and problems of optimal coverage, geometric design, etc. Problems are formulated for further research of this class of problems.

The paper formulates and solves the simplest dynamic, continuous problem of optimal partitioning of sets, namely, the one-product problem of optimal partitioning of sets without restrictions with given coordinates of points, which we will call the "centers" of subsets.

Let Ω - bounded, Lebesgue measurable set in n - measurable Euclidean space E_n . A collection of Lebesgue-measurable subsets $\Omega_1, \dots, \Omega_N$ з $\Omega \subset E_n$ is called a possible partition of the set if $\bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, mes(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, i \neq j, i, j = 1, \dots, N$, where $mes(\cdot)$ means the Lebesgue measure.

Denoting the class of all possible partitions of the set Ω as \sum_{Ω}^N , i.e

$$\sum_{\Omega}^N = \left\{ (\Omega_1, \dots, \Omega_N) : \bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, mes(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, i \neq j, i, j = 1, \dots, N \right\}.$$

Let's introduce the functionality $F(\{\Omega_1, \dots, \Omega_N\}) = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} (c(x, \tau_i(t)) + a_i) \rho(x) dx$,

where functions $c(x, \tau_i(t))$ - valid, limited, defined on $\Omega \times \Omega$, measurable by x under the condition $\tau_i(t) = (\tau_i^1(t), \dots, \tau_i^n(t)) \in \Omega$; $\dot{\tau}_i^j = g_j(\tau_i)$ for everyone $i = 1, \dots, N$; $\rho(x)$ - limited, measurable, integral to Ω function; a_1, \dots, a_n - given non-negative numbers.

In further explanations, it will be assumed that integrals are understood in the sense of Lebesgue. We will also assume that the measure of the set of boundary points $\Omega_i, i = 1, \dots, N$ is equal to zero.

Then under the dynamic, continuous one-product problem of optimal partitioning of the set Ω from E_n into its non-intersecting subsets $\Omega_1, \dots, \Omega_N$ (among which empty ones are also possible) without additional restrictions with the coordinates of cents satisfying the system $\dot{\tau}_i^j = g_j(\tau_i)$ of these subsets $\Omega_1, \dots, \Omega_N$ accordingly, we will understand the following problem.

Find $\min_{\{\Omega_1, \dots, \Omega_N\} \in \sum_{\Omega}^N} F(\{\Omega_1, \dots, \Omega_N\})$, where $F(\{\Omega_1, \dots, \Omega_N\}) = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} (c(x, \tau_i(t)) + a_i) \rho(x) dx$;
 $x = (x^{(1)}, \dots, x^{(n)}) \in \Omega$; $\tau(t) = (\tau_1(t), \dots, \tau_N(t)) \in \underbrace{\Omega \dots \Omega}_{\Omega^N}$; $\tau_i(t) = (\tau_i^1(t), \dots, \tau_i^n(t))$; $\dot{\tau}_i^j = g_j(\tau_i)$;

a_1, \dots, a_N - given non-negative numbers. Breakdown $\{\Omega_1^*, \dots, \Omega_N^*\}$, which is the solution of the problem, we will call it optimal.

Bibliographic references

1. Kiseleva E.M., Koryashkina L.S. Models and methods of solving continuous problems of optimal partitioning of sets: linear, nonlinear, dynamic problems: monograph. K.: Naukova dumka, 2013. 606 p.
2. Kiseleva E.M., Koryashkina L.S. Continuous problems of optimal partitioning of sets and r-algorithms: monograph K.: Naukova Dumka, 2015. 400 p.

WEB SERVICE MODELING USING CISCO PACKET TRACER

Krasnoshapka D.V., krasnoshapka_kkt@dnu.dp.ua

Zolotko K.E., zolotko_kkt@dsu.dp.ua

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

Simulation is widely used to study the operation of computer networks. Modeling makes it possible to reduce overhead costs for the design, development and implementation of new computer networks and equipment.

Cisco Packet Tracer is widely used for modeling computer networks due to a large selection of network equipment, a convenient user interface, and the availability of complete documentation [1][2].

The WiFi of the HomeRouter-PT-AC router, the Server-PT server, and the cluster were used to simulate the Web service and DNS service, respectively. When configuring the addressing of the Web server and the Internet port of the router, a public IP address was used.

An HTTP server and a DNS server were configured on the Server-PT server. The DNS server contained the DNS name Server-PT so that it could be addressed by DNS name

Dynamic addressing is implemented in the local network on all computers using the WiFi router HomeRouter-PT-AC. A reserved IP address for one computer on the local network

To study the functioning of the Web service model and the DNS service, the Web server was accessed using the HTTP server name. A ping command was also executed between the local network node and the Server-PT server and vice versa. The expected results of the ping command were successful for the first case and unsuccessful for the second. This is explained by the operation of the NAT protocol, which is implemented in the WiFi router HomeRouter-PT-AC [3].

It was also investigated how the source IP address and the destination IP address in the IP datagram change during the movement of the packet to and from the Server-PT server.

Modeling a web service allows to investigate the interaction of subnets of computer internets. Further research can be conducted to model another internet services such as FTP, email and others

References

1. S. R. Jena, Cisco Packet Tracer Implementation: Building and Configuring Networks, Independently published. 2023, 154 p.
2. Krasnoshapka D.V., Siryk S.F., Heterogeneous computer network simulation in Cisco Packet Tracer environment. - Mathematical support and software for intelligent systems (MSSIS-2022): Abstracts of the XX International scientific and practical conference, Dnipro, November 23-25, 2022, P 115.
3. Stuart D Fordham , VPNs and NAT for Cisco Networks: A CCIE v5 guide to Tunnels, DMVPN, VPNs and NAT (Cisco CCIE Routing and Switching V5.0), CreateSpace Independent Publishing Platform, May 28, 2015, 258 p.

FORMATION OF THE OBSERVABLE PARAMETER SPACE IN SOLVING INVERSE PROBLEMS USING AN INVERSE NEURAL NETWORK APPROACH

Mahas O., omahas.edu@gmail.com

Huk N., natalyguk29@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The problem of selecting optimal observation points is addressed. The measured system points parameters serve as inputs to the neural network, while system configuration parameters serve as outputs. The neural network is trained as an inverse model based on training dataset derived from solving forward problems, which simulate observed system's response to external influence under various properties of the considered system. A compact set of corresponding functions is used to represent possible properties of the system.

To formulate a neural network model for the inverse problem, the solutions of both the inverse problem and its corresponding direct problem are embedded into multidimensional spaces. This is achieved through discretization of the problem-related functions. When approximating the inverse problem's solution via the parameters of the direct problem's solution using a neural network, the unknown parameters of the inverse problem's solution are represented by the neural network's weight coefficients. Consequently, the problem of finding a Tikhonov regularized quasi-solution is reduced to the problem of determining the following coefficients

$$\alpha = \arg \min_{\alpha, \alpha \in \bar{\alpha}} J(H(\alpha)), \quad (1)$$

where $J = \int_{\Omega} (U(H(\alpha)) - U^*)^2 d\Omega$,

$U(H)$ – the vector of nodal values of the direct problem's solution,

α – the vector of neural network's weight coefficients,

$H(\alpha)$ – the vector of neural network's output values,

U^* – the vector of the direct problem's function measured observed values.

During neural network training, the discretized solutions of the direct problem are considered as U^* , while the neural network error is represented by the functional J . The dimensionality of the vector U^* (and so the vector α) is defined by the direct problem's discretization size N . For the inverse problem, the dimensionality of U^* is defined by the number of measurement points. Let N_1 points out of N in the training dataset be considered informative, while $N_2 = N - N_1$ be less informative. The following specific condition needs to be applied to identify the informative observation points

$$F = \sum (H(\alpha_N) - H(\alpha_r))^T (H(\alpha_N) - H(\alpha_r)) \rightarrow \min_{r, r \in R}, \quad (2)$$

where $R = \{U_1^*, U_2^*, \dots, U_N^*\}$,

r – the vector of the corresponding informative observation values,

α_N – the vector of neural network weight coefficients corresponding to the N -dimensional measurement vector,

α_r – the vector of neural network weight coefficients corresponding to the r -th set of the measurement vectors.

The weight coefficients α are determined from condition (1) using Newton's method. Therefore, the following can be defined using Newton's method's matrix A

$$\alpha_{(N)}^{i+1} = \alpha^i - A_{N \times N}^{-1} \Delta_N$$

The implementation of condition (2) involves the selection of vectors $r_{N_1 \times 1}$ and $r_{N_2 \times 1}$. Using the vector selection algorithm presented in [1], a decomposition of the measured values and corresponding weight coefficients into informative and non-informative components was performed. Comparative calculation results are provided using a neural network with input dimensionality N and N_1 .

References

1. Obodan, N.I., Guk, N.A. Identification of inverse problems of deformation of thin-walled shells by the decomposition method. *J Math Sci* 180, 107–121 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10958-011-0633-y>

ACCURACY OF EEG SPECTRAL ANALYSIS IN CLASSIFICATION OF OPEN AND CLOSED EYE STATES

Panasenko Y., gaura.panasenko@gmail.com,
Belozorov V., belozvye2017@gmail.com
Oles Honchar Dnipro National University

The task of classifying states of brain activity based on electroencephalography (EEG) is crucial in modern research within the fields of neurophysiology and cognitive sciences. A significant focus of this research is the recognition of states with open and closed eyes through the analysis of EEG signals. Understanding these states is essential for grasping the mechanisms underlying brain activity and for developing methods to accurately identify different states of consciousness. To address this challenge, three primary approaches are employed: recurrent analysis, spectral analysis, and machine learning.

Spectral analysis is one of the most widely used methods for studying the frequency structure of EEG signals. The application of the Fast Fourier Transform (FFT) enables the effective isolation of brain rhythms, such as alpha, beta, theta, and delta, which correspond to different states of consciousness. For instance, alpha rhythms (8-13 Hz) are most prominent when the eyes are closed and the brain is in a relaxed state. Research indicates that spectral analysis of EEG signals facilitates the accurate classification of brain activity states, supporting the findings of Farzad et al. (2023) [1] and other studies that highlight the effectiveness of this method for analyzing biomedical signals.

In the course of the study, spectral analysis was employed to classify states of open and closed eyes based on EEG signals from the EEG Motor Movement/Imagery Dataset [2]. This analysis enabled the distinction of characteristic brain rhythms, particularly the alpha rhythm, which was clearly observed when the eyes were closed. To assess the method's effectiveness, the power of the signal was calculated in the frequency range of 8 to 21 Hz, corresponding to the alpha and beta rhythms. The ratio of the power of these

frequencies to the total signal power served as the primary criterion for classifying eye conditions. The results of the experiments indicated that the classification accuracy based on spectral analysis reached 70-80%, confirming the method's consistent effectiveness in recognizing open and closed eye states.

The most accurate results for classifying open and closed eye states were obtained from points in the frontal region of the brain, specifically Fp2, Af8, and Afz. The Fp2 point exhibited an accuracy of 79.09% for closed eyes and 87.27% for open eyes, while Af8 demonstrated an accuracy of 80.00% for closed eyes and 87.27% for open eyes. The overall accuracy for the Afz point was 80.00%. These points proved to be the most informative for recognizing eye conditions based on spectral analysis in the alpha and beta rhythm ranges.

The results of the study confirm that spectral analysis is an effective method for classifying open and closed eye states based on EEG signals. The most accurate results were achieved for points in the frontal region of the brain, where alpha and beta rhythms show clear changes in activity depending on the state of the eyes. Points Fp2, Af8, and Afz provided the highest classification accuracy, which indicates their key role in recognizing states of brain activity. Thus, spectral analysis can be a reliable tool for the classification of biomedical signals.

REFERENCES

1. Farzad, V., Farahani., Waldemar, Karwowski. (2023). Evidence of Chaos in Electroencephalogram Signatures of Human Performance: A Systematic Review. *Brain Sciences*, 13(5):813-813. doi: 10.3390/brainsci13050813
2. EEG Motor Movement/Imagery Dataset [Electronic resource] // PhysioNet. – 2009. – URL: <https://archive.physionet.org/pn4/eegmidb/>

INVESTIGATING THE DYNAMICS OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES IN THE HUMAN BRAIN VIA ELECTROENCEPHALOGRAM ANALYSIS

Panasenko Y., gaura.panasenko@gmail.com,
Belozyorov V., Honcharova Y.
Oles Honchar Dnipro National University

In today's world, while obtaining EEG data in real-time is increasingly accessible, there's a notable absence of well-developed and optimized approaches for analyzing and implementing corresponding algorithms. This presents a challenge for researchers and developers seeking effective EEG data processing strategies tailored to specific tasks, with a key focus on discerning psychophysiological brain states like relaxation and concentration. Advancing methodologies for processing electroencephalogram (EEG) data to objectively determine these states is the central aim of this paper, aiming to enhance EEG data analysis techniques for more precise real-time identification of brain states. To achieve this goal, various methodologies are considered, including frequency analysis using FFT followed by neural network processing, leveraging chaotic dynamics, and Independent Component Analysis for EEG data analysis.

The standard approach involves the automated classification of EEG bands using FFT and machine learning techniques [1]. This method involves preprocessing the EEG data to remove noise and artifacts, then applying Fast Fourier Transform (FFT) to convert signals into the frequency domain. Features are extracted from eight EEG bands: Very low, Delta, Theta, Alpha-1, Alpha-2, Beta-1, Beta-2, and Gamma. A hybrid approach combining FFT with machine learning methods such as K-Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Machine (SVM), and Artificial Neural Network (ANN) is employed. The models are trained and evaluated using appropriate metrics, with the FFT + SVM method achieving 100% accuracy in classifying the EEG bands. Additionally, the significance of noise and artifact removal in EEG data preprocessing is

emphasized, along with the importance of analyzing the eight EEG bands for insights into brain states and cognitive processes.

Moreover, there are techniques for analyzing EEG data to explore chaotic dynamics [2]. These techniques include the phase space reconstruct technique, inspired by principles outlined by scholars (Packard et al. and Takens), which involves constructing an multi-dimensional phase space from EEG time series data. Subsequently, the phase graph derived from this reconstructed phase space is analyzed to compute indicators of chaos, such as the correlation dimension and Lyapunov exponent. These metrics quantify the level of chaos within the system under study. Additionally, neural network technology, specifically a self-organizing map (SOM) network, is utilized.

In this work, a third methodology is proposed, inspired by the Independent Component Analysis (ICA) algorithm by Bell and Sejnowski [3]. This technique facilitates blind source separation of EEG data, distinguishing source identification from localization. EEG and behavioral data from ten adult volunteers performing a sustained auditory detection task were collected. The ICA algorithm was applied to analyze EEG and event-related potential (ERP) data, separating overlapping EEG phenomena and tracking nonstationarities in EEG and behavioral states.

REFERENCES

1. Nur, Shahirah, Md, Nor., Nurul, Hashimah, Ahamed, Hassain, Malim., Nur, Aqilah, Paskhal, Rostam., J., Joshua, Thomas., Mohamad, Azmeer, Effendy., Zurina, Hassan. (2022). Automated classification of eight different Electroencephalogram (EEG) bands using hybrid of Fast Fourier Transform (FFT) with machine learning methods. *Neuroscience research notes*, 5(1):116-116. doi: 10.31117/neuroscirn.v5i1.116
2. Wang, X., Meng, J., Tan, G. *et al.* Research on the relation of EEG signal chaos characteristics with high-level intelligence activity of human brain. *Nonlinear Biomed Phys* 4, 2 (2010).

**ARCHITECTURE OF INTELLIGENT MICROCLIMATE CONTROL
SYSTEM WITHIN ENTERPRISE CYBER-PHYSICAL SYSTEM**

Pankratova N., Golinko I., natalidmp@gmail.com, golinko.igor@iit.kpi.ua

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Modern production facilities place increased demands on the quality of process control (PC). One of the main areas of PC modernization is the development of cyber-physical systems (CPS) that harmonize the functioning of physical and information processes within a single system. The governments of many foreign countries have included CPS in the priority development of their national interests. One of CPS tools is a digital twin (DT).

Today, there are also increasing requirements for the processing manufacturability raw materials into the final product. One of the production manufacturability characteristics is the use of industrial microclimate systems (IMS), which significantly affect product quality. The IMS is a real lever of profit for technologies in the light, food, agricultural, pharmaceutical, printing, machine-building, radio-electronic and other industries.

In this paper, the authors consider the development of an intelligent microclimate control system (IMCS) for large industrial enterprises. The block diagram of IMCS, which is part of the industrial enterprise's CPS, is shown in Fig. 1. The IMCS has three levels. At the lower level, a classical automatic control system (ACS) for IMS equipment is implemented - for the CPS, this is the level of edge devices. At the middle level of IMCS, DT tools are used - for CPS, this is the level of cloud computing. Further, information is provided to the applications of responsible persons for decision-making. For the mathematical support of DT, it is proposed to apply the models discussed in [1].

DT technologies make it possible to manage the course of technological and organizational processes, to predict their further development in conditions of unusual situations and risks, to determine the necessary management, to

ensure timely correction of possible violations before they occur or to stop the process itself, if its significant changes have occurred.

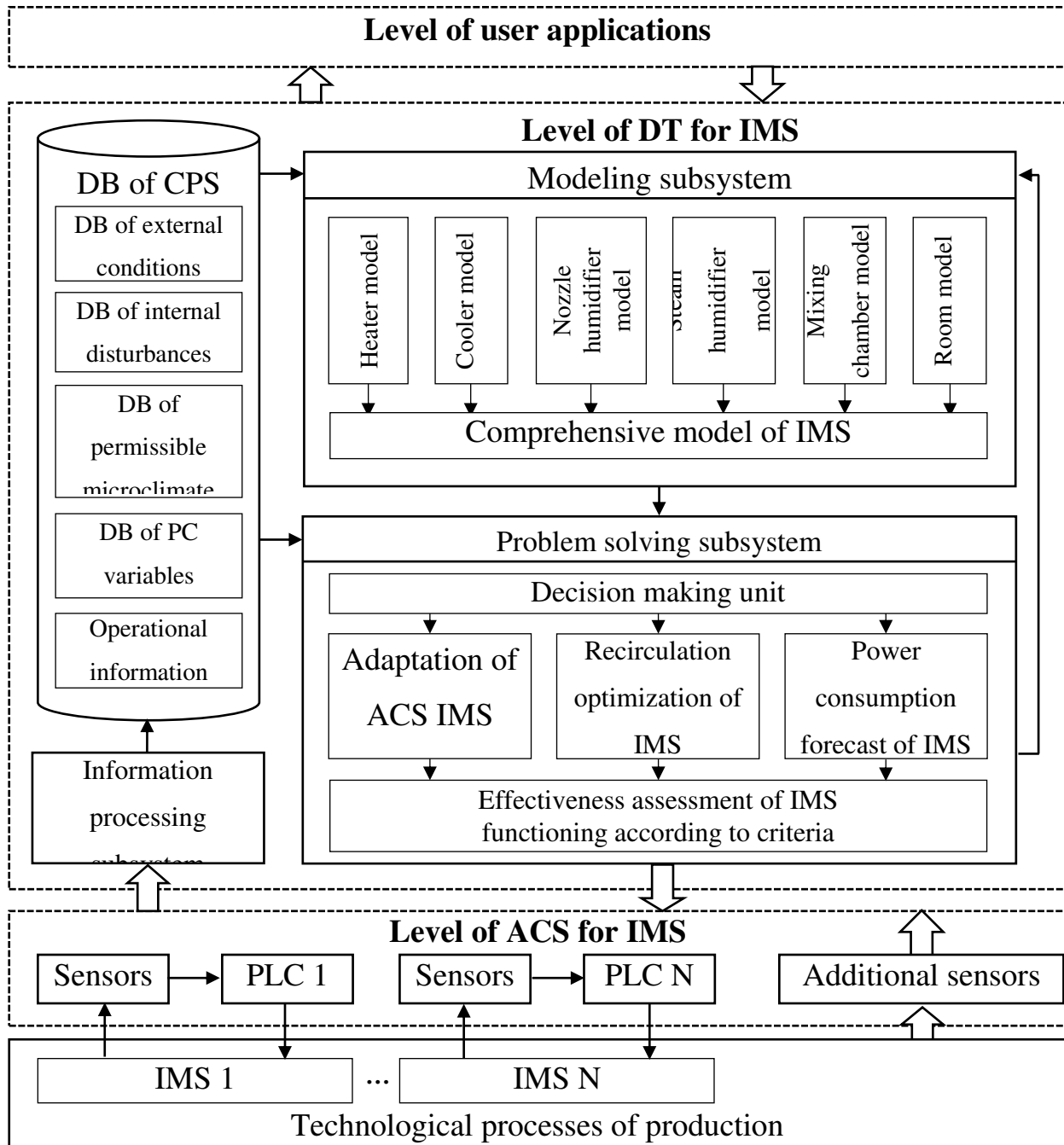


Fig. 1. Block diagram of IMCS

Literature

1. N. Pankratova, P. Bidyuk, I. Golinko, Decision support system for microclimate control at large industrial enterprises // CEUR Workshop Proceedings, 2020, pp. 489–498.

DIGITAL TWIN COMPUTER MODEL AS A REALIZATION OF INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0 CONCEPTS

Pankratova N., Golinko I., Pankratov V.
natalidmp@gmail.com, pankratovvolodya@gmail.com,
golinko.igor@lil.kpi.ua

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

In today's rapidly evolving world, the concept of industrialization is undergoing significant changes. Since the first industrial revolutions, each new wave of industrial transformation has introduced innovations that change not only the production process itself but also the socio-economic structure of society as a whole. Industry 4.0, also known as smart industry, marks the integration of digital technologies, the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence into production processes [1]. These technologies allow businesses to achieve a high degree of automation and optimization, providing more flexible and adaptive production systems. On the other hand, the concept of Industry 5.0, which emerged against the backdrop of challenges related to sustainable development and the social aspect of production activities, focuses on putting people back at the center of the production process. This approach is focused on creating not only efficient but also ethically sustainable production systems, where technology serves to improve the quality of life of employees and customers. Industry 5.0 strives for harmony between humans and machines, emphasizing the importance of social interaction, emotional intelligence, and personalization [2].

One of the defining characteristics of Industry 4.0 and Industry 5.0 is the use of digital twins and simulation tools to optimize production processes. Digital twins are virtual copies of physical objects that reproduce the parameters of operation in real time, allowing manufacturers to accurately model and predict the results of any changes before they are implemented. Thanks to these technologies, businesses can quickly analyze various scenarios, reduce the risk of production disruptions, and increase process efficiency.

Given that one of the country's critical infrastructures of the country's is destroyed bridges that will need to be renovated, a computer model of a digital twin of a bridge as a cyber-physical system has been developed. To calculate the design of the bridge, taking into account geometric, physical and mechanical parameters, a model using the finite element method created in ANSYS software is used. The parameters defined in ANSYS can be varied, the environment will update the model, calculate the values and save them. A dynamic weighing module was created, which is an artificial intelligence system for estimating the weight of trucks crossing the bridge based on mechanical stress sensors. The [S7486](#) and [S7586](#) edge devices based on the x86 microprocessor architecture were developed. The S7586 and S7486 are specialized microcomputers for industrial use that communicate with sensors and measure physical process parameters via object communication devices. The measured data are processed on the S7486 or S7586 and sent to data analysis servers via IoT protocols.

For a real object, it is necessary to create a system for monitoring the state of the bridge structure, taking into account the information from the sensor system. It will be able to predict where and when damage will occur in the structure, ensuring guaranteed operation and predictive maintenance.

References

1. Schmidt, C. Industry 4.0: A Systematic Literature Review of the Impacts of Industry 4.0 on Business Models. Business and Economic Research, 2021.
2. Melnychuk N.P. Innovative technologies of Industry 5.0: Global trends and Ukrainian context. Journal of Economics and Entrepreneurship, 2022.(in Ukraine).

MATHEMATICAL MODEL OF A M/M/m QUEUE SERVICE SYSTEM WITH CONTROL

Poslaiko N.I., poslaikoni@i.ua,

Oles Honchar Dnipro National University

There are various generalizations of the classical mathematical model of the M/M/m queueing system with waiting. In this paper, we consider a M/M/m queueing system with control.

It is assumed that a stream of demands, described by a Markov chain homogeneous in the second component, arrives at the queueing system consisting of m devices. Demands arrive in groups of arbitrary size and are taken for servicing in the order of arrival. If at the moment of arrival of a group of r ($r \geq 1$) demands, l ($0 \leq l \leq m$) devices are free, then:

- a) each demand occupies a free device and immediately begins to be serviced, if $l \geq r$;
- b) l demands (any) occupy each free device, and the rest stand in a queue, if $l < r$, and the number of waiting places and the waiting time are considered unlimited.

We will assume that the service time of requests on each device does not depend on the service time of other requests and on the nature of their arrival, and also that the distribution function of the service duration is completely determined by the moment of the start of service.

Consider a random process $\xi(t)$ ($\xi(t) \in \{0, 1, \dots, k, \dots\}$), coinciding at each moment t with the number of requests in the system (including those being serviced). We further assume that the process of arrival and service of requests is controlled by a random process $\eta(t)$. Let $\zeta(t) = \{\eta(t), \xi(t)\}$. We denote the transition probabilities of the process $\zeta(t)$ as

$$P_{ik}^{jl}(t, s) = P\{\zeta(s) = (j, l) / \zeta(t) = (i, k)\}.$$

We will call a right-continuous two-dimensional Markov process $\zeta(t)$ a service process in the M/M/m system with control if its transition probabilities over time $(t, t + \Delta)$, $\Delta \downarrow 0$ have the form:

$$P_{ik}^{j,k+r}(t, t + \Delta) = \lambda_{ij}^{(r)}(t)\Delta + o(\Delta), \quad r \geq 1, \quad (\eta(t) \in \{0, \pm 1, \dots, \pm k, \dots\})$$

$$P_{ik}^{j,k-1}(t, t + \Delta) = \mu_{ij}^{(k)}(t)\Delta + o(\Delta), \quad r \geq 1,$$

$$P_{ik}^{j,k}(t, t + \Delta) = \lambda_{ij}^{(0)}(t)\Delta + o(\Delta), \quad i \neq j,$$

$$P_{ik}^{i,k}(t, t + \Delta) = 1 - [\mu_i^{(k)}(t) + \lambda_i(t)]\Delta + o(\Delta),$$

$$P_{ik}^{j,n}(t, t + \Delta) = o(\Delta), \quad n < k - 1,$$

where

$$\mu_{ij}^{(k)}(t) = \begin{cases} k\mu_{ij}(t), & 0 \leq k < m, \\ m\mu_{ij}(t), & k \geq m, \end{cases} \quad \lambda_i(t) = \sum_j \sum_r \lambda_{ij}^{(r)}(t), \quad \lambda_i^{(0)}(t) \equiv 0, \quad \mu_i(t) = \sum_j \mu_{ij}(t),$$

$\lambda_{ij}^{(r)}(t)$, $r \geq 0$, $\mu_{ij}(t)$ – non-negative Lebesgue measurable functions.

The rows on the right sides $\lambda_i(t)$, $\mu_i(t)$ converge almost everywhere.

The paper proposes a method for determining the transition probabilities of a service process through the transition probabilities of an auxiliary process that has the property that its second component is a process with independent increments, and the transition probabilities of this process in $(t, t + \Delta)$, $\Delta \downarrow 0$ coincide with the transition probabilities of the process $\zeta(t)$ for all $k \geq m$. The problem of finding the transition probabilities of the process $\zeta(t)$ is solved in terms of generating functions

$$P_{\theta}^{(k)}(t, s) = \sum_l P^{(k,l)}(t, s) \cdot \theta^l \quad (|\theta| = 1), \quad \text{where } P^{(k,l)}(t, s) = (P_{i,j}^{(k,l)}(t, s)).$$

For $0 \leq l \leq m - 1$ $P_{i,j}^{(k,l)}(t, s)$ are determined from the system of integral Volterra equations of the second kind. The remaining probabilities (for $l \geq m$) are expressed through them.

Obviously, the considered queueing system with control includes as a special case a system with a Poisson incoming flow and exponentially distributed service time, which is well studied in the homogeneous case.

THE PROBLEM OF OPTIMAL PARTITIONING OF SETS WITH ARBITRARY BOUNDARY CONFIGURATION AND REAL GEOGRAPHICAL COORDINATES

Prytomanova¹ O., Zhurava² D., den.itsmart@gmail.com

¹ *Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman*

² *Oles Honchar Dnipro National University*

The software implementation of algorithms for solving various classes of optimal partitioning problems was generally carried out for a convex set in the form of an n -dimensional cube. Consequently, in practice, the stages of defining the set to be partitioned and the attachment to real geographical coordinates of the partitioning results, namely, the obtained subset boundaries and the coordinates of their centers, pose particular difficulties in applying the developed algorithms.

In cases where the boundary of the set Ω to be partitioned is defined analytically, the algorithm for building optimal partitioning entails enclosing the set Ω in a parallelepiped Π , the sides of which are parallel to the axes of the Cartesian coordinate system and setting the density function value to zero at point $x \in \Pi/\Omega$. For sets with an arbitrary boundary, it is suggested to define a convex hull of the set Ω at the start of the algorithm, which will allow analytically defining the set Ω for the algorithm's initiation.

To tie to real geographical coordinates, it is suggested to use geodetic coordinate systems such as WGS84 or UTM, which provide a unified basis for representing spatial data. Integration with geographic information systems allows for the uploading and processing of data from various sources, including satellite images, maps, and GPS data.

We consider that such capabilities could be extremely relevant for tasks such as the optimal placement of epidemiological assistance medical centers, centers providing administrative, educational, social services in the territory of united territorial communities, and many others.

PRIMITIVE PROGRAMMING ALGEBRA OF COMPUTABLE FUNCTIONS OVER RECORDS

Redko D.I., diredko@gmail.com

*Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National
Academy of Sciences of Ukraine*

Redko I.V., redkoigor@ukr.net

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

Introduction. Record data structure type has high importance and popularity in theoretical and applied programming. In this article we propose an algebraic characteristic of a class of computable multiary functions and predicates operating on records. Research has been conducted within primitive programming algebras (PPA).

General terms and designations. Exact definitions of PPA are given in [1]; here a note is made that a signature of PPA (designated here as Ω) consists of parametric operations of superposition, branching and loop, which are built built based on standard control flow structures of ALGOL-like programming languages and are strict representations of main program construction methods. Domain of PPA consists of primitive recursive n -ary functions and predicates (further referred to as functions and predicates) ($n = 1, 2, \dots$).

Let V and W denote non-empty countable sets of elements, interpreted as set of names and set of values (denotations) respectively. And $V \cap W \neq \emptyset$ is allowed to be true.

Definition 1. Record over a set of names V and set of values W we will understand as finite functional binary relation over set of names V and set of values W .

Set of all records over set of names V and set of values W is designated as $Z^{(V,W)}$.

Under scheme of a record $sh(I)$ of a record I is understood a set $pr_1(I)$. A record with scheme $sh(I)$ will be called $sh(I)$ -record. Given above following is true $Z^{(V,W)} = \cup_{V' \in 2^V} Z[V']$. Taken into account countability of V and W following assumption will not be too restrictive $V = W = N$.

Completeness of PPA in the class of functions and predicates over records. Consider following functions and predicated over set of records. *Equality predicate* $=_Z$ is defined as a restriction of equality predicate to the set of records; *deletion by match* $\div^Z: I \div^Z J \equiv pr_{pr_1(I)/pr_1(J)}(I)$; *overlay of records* $\nabla: \forall I, J \in Z^{(N,N)} I \nabla J \equiv J \cup pr_{pr_1(I)/pr_1(J)}(I)$; *inclusion into record* \cup^+ :

$$\cup^+(I) \equiv \begin{cases} I \cup \{\max(pr_1(I) + 1, 0)\}, & \text{if } I \neq I^\emptyset, \forall I \in Z^{(N,N)}; \\ \{(0,0)\}, & \text{otherwise} \end{cases} \text{ selection over}$$

maximal element $\max: \max(I) = pr_{\max(pr_1(I))}(I)$, $\max(I^\emptyset) = \emptyset$; *nullification of values* $\{0\}; \{0\}(I) = J$, such that $pr_1(J) = pr_1(I) \wedge pr_2(J) = \{0\}$, $\{0\}(I^\emptyset) = I^\emptyset$; *increment* \uparrow : maps non-empty record $I \in Z^{(N,N)}$ to a record $\uparrow(I)$, so that $\uparrow(I) = \{(v, a + 1)\} \forall v, a \in I$.

Let $\sigma_{Z^{(N,N)}} = \{=_Z, \nabla, \div^Z, \cup^+, \max, \{0\}, \uparrow, I_m^n\}_{m=1, \dots, n}^{n=1, 2, \dots}$ designate a set of $Z^{(N,N)}$ -pr-functions and $Z^{(N,N)}$ -pr-predicates. Then following statement is true

Theorem. $\sigma_{Z^{(N,N)}} = \{=_Z, \nabla, \div^Z, \cup^+, \max, \{0\}, \uparrow, I_m^n\}_{m=1, \dots, n}^{n=1, 2, \dots}$ - I_m^n -basis of PPA $A_{Z^{(N,N)}}^{pr}$.

References

1. P. O. Yahanov, D. I. Redko, I. V. Redko, T. L. Zakharchenko Primitive programming algebra: general approach to a problem of functional completeness // System Research & Information Technologies.-№4.-p. 83-96

**ON THE MODELING OF A PRE-FRACTURE ZONES
OF AN ELECTRICALLY PERMEABLE INTERFACE CRACK
IN DISSIMILAR PIEZOCERAMIC**

Sheveleva A., shevelevaee@dnu.dp.ua,
Shcherbak R., roma.shcherbak1205@gmail.com
Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The electro-mechanical coupling makes the piezoelectric materials highly applicable in technology, particularly as sensors and actuators, often layered with substrates or integrated into polymer matrices. However, piezoelectric ceramics are notably brittle and prone to fractures. Frequently, these fractures manifest at interfaces, resulting in debonding and the development of interface cracks, which can significantly compromise both their electrical and mechanical performance.

Consider two different piezoceramic half-spaces $x_3 > h/2$ and $x_3 < -h/2$ having both the symmetry class $6mm$ with the poling direction x_3 . It is assumed that the half-spaces are adhered by means of an isotropic interlayer $-h/2 < x_3 < h/2$ with shear modulus μ , Poisson's ratio ν , yield limit σ_Y and a very small thickness h . The bimaterial is loaded at infinity with arbitrary uniformly distributed mixed mode stresses $\sigma_{33}^{(m)} = \sigma^\infty$, $\sigma_{13}^{(m)} = \tau^\infty$, $\sigma_{11}^{(m)} = \sigma_{xxm}^\infty$, $D_3^{(m)} = d^\infty$, $D_1^{(m)} = D_{xm}^\infty$ ($m=1$ stands for the upper domain, and $m=2$ for the lower one). Because the load does not depend on the coordinate x_2 , a two-dimensional problem in the (x_1, x_3) -plane can be considered.

It is assumed that electrically permeable interface crack $a \leq x_1 \leq b$, $x_3 = 0$ is situated either between the interlayer and one of the matrices or inside the interlayer. Because of small interlayer thickness with respect to the crack length, the location of the crack is not principal for achieving the goal of this work. For certainty, the crack is chosen between the interlayer and the upper half-space.

It is assumed that the interface layer is softer than the matrixes and therefore the fracture process starts from the initiation of the pre-fracture zones

$[a_1, a]$ and $[b, b_1]$ of unknown length in this layer at the crack continuations. Taking into account that the thickness of the interface layer is small and the pre-fracture zones are much shorter than the crack we assume that the stresses in these zones are constant and equal $\sigma_{33}(x_1, 0) = \sigma'$, $\sigma_{13}(x_1, 0) = \tau'$, $\sigma_{11}(x_1, 0) = \sigma'_1$ – for the left zone $[a_1, a]$ and $\sigma_{33}(x_1, 0) = \sigma$, $\sigma_{13}(x_1, 0) = \tau$, $\sigma_{11}(x_1, 0) = \sigma_1$ – for the right zone $[b, b_1]$. The values of σ , τ , σ_1 and σ' , τ' , σ'_1 are unknown for the time being and the relations between these stresses in the general case can be presented in the form

$$f(\sigma, \tau, \sigma_1) = 0, \quad f(\sigma', \tau', \sigma'_1) = 0, \quad (1)$$

where the function f can be interpreted as some law of interlayer material yielding or damage, should be determined experimentally or theoretically.

The pre-fracture zones will be modelled by the crack continuations with the stresses σ, τ and σ', τ' at its faces for the left and right zones, respectively. Thus, the boundary conditions at the faces of the “elongated” crack can be written as follows:

$$\sigma_{33}^{(j)}(x_1, 0) = \begin{cases} \sigma', & a_1 \leq x_1 \leq a, \\ \sigma, & b \leq x_1 \leq b_1, \\ 0, & a < x_1 < b, \end{cases} \quad \sigma_{13}^{(j)}(x_1, 0) = \begin{cases} \tau', & a_1 \leq x_1 \leq a, \\ \tau, & b \leq x_1 \leq b_1, \\ 0, & a < x_1 < b. \end{cases} \quad (2)$$

On the remaining bonded part of the material interface the continuity of the displacement, stresses, electrical potential and the electrical displacement should be fulfilled. Moreover, the continuity of the electrical potential and the electrical displacement should be satisfied for the crack region. Thus, one arrives to the problem of linear fracture mechanics with the unknown pre-fracture zone lengths and the unknown stresses at the associated parts of the crack faces.

Using the presentation of the stresses at the interface [1, 2] via the sectionally holomorphic function and satisfying the interface conditions one arrives to the Hilbert problem. An exact analytical solution of this problem has been obtained and the expressions for the stresses at the interface are derived.

From the conditions of the finiteness of the normal and the shear stresses at the tips of the “elongated” crack the closed form expressions for the unknown stresses $\sigma, \tau, \sigma', \tau'$ in the pre fracture zones can be presented in the form

$$\mathbf{N} \begin{Bmatrix} \sigma' + im_1\tau' \\ \sigma + im_1\tau \end{Bmatrix} = \frac{\pi i l_1}{1 + \gamma_1} (\sigma^\infty + im_1\tau^\infty) \begin{Bmatrix} 1 + 2i\varepsilon \\ -(1 - 2i\varepsilon) \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

where the elements of the matrix \mathbf{N} are defined as

$$N_{11} = \int_{a_1}^a \left(\frac{t - b_1}{t - a_1} \right)^{0,5+i\varepsilon} dt, \quad N_{12} = \int_b^{b_1} \left(\frac{t - b_1}{t - a_1} \right)^{0,5+i\varepsilon} dt, \\ N_{21} = \int_{a_1}^a \left(\frac{t - a_1}{t - b_1} \right)^{0,5-i\varepsilon} dt, \quad N_{22} = \int_b^{b_1} \left(\frac{t - a_1}{t - b_1} \right)^{0,5-i\varepsilon} dt. \quad (5)$$

The values of N_{ij} depend on a_1 and b_1 , i.e. on the pre-fracture zone lengths. The integrands of (5) contain singularities therefore the calculation these integrals are a difficult task. Two of them were found in the closed form, and two were calculated using the Gauss-Kronrod quadrature formula. Asymptotic approximate expressions are also found for all integrals.

Substituting the expressions (4) into the equations (1) leads to the system of two transcendental equations with respect to the pre-fracture zone lengths. This system can be solved numerically, but for some particular cases an analytical solution can be obtained.

References

- [1] Herrmann K. P. and Loboda V. V. Fracture mechanical assessment of electrically permeable interface cracks in piezoelectric bimetals by consideration of different contact zone models. *Archive of Applied Mechanics*, 2000. 70. P. 127-143.
- [2] Loboda V., Lapusta Y., Sheveleva A. Analysis of pre-fracture zones for an electrically permeable crack in an interlayer between piezoelectric materials. *International Journal of Fracture*, 2006. 142, № 3-4. P. 307–313. <https://doi.org/10.1007/s10704-006-9034-5>

VR FITNESS GAMES IN MIXED REALITY AS THE FUTURE OF EXERCISE

Sidorova M., Bondarenko B. bogdan.bondarenko99@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

In recent years, the fitness industry has witnessed a revolutionary transformation with the advent of virtual reality (VR) and mixed reality technologies. VR fitness games, particularly those incorporating mixed reality elements, are reshaping how we approach exercise, blending the physical and digital worlds to create immersive, engaging, effective and most importantly - safe workout experiences. Mixed reality is a technology that combines elements of both virtual and augmented reality and allows users to interact with digital content while maintaining awareness of their physical surroundings. In the context of fitness games, this means players can engage with virtual environments while still being aware of the real world and real objects, such as beds, tables, etc. around them. This crucial feature addresses one of the primary concerns with pure VR experiences: the risk of injury due to lack of spatial awareness.

The journey of VR fitness games began with simple, stationary experiences that primarily focused on upper body movements. However, as technology has advanced, these games have evolved to incorporate full-body workouts, complex movements, dancing and in some cases even integration with real-world fitness equipment. Today's mixed reality fitness games offer a wide range of experiences, from boxing and dance workouts to virtual cycling and even rock-climbing simulations. Games like "Les Mills Body Combat" and "BeatSaber" offer high-intensity interval training in a gamified format.

Here are some key advantages of mixed reality fitness games

1. **Real-World Integration:** The mixed reality aspect allows developers to create scenarios in which users will be able to incorporate real objects [1] and spaces into their virtual workouts. This integration expands the possibilities for

exercise routines and can make the transition between virtual and physical activities more seamless. Despite lack of such applications, one is being currently developed as a part of my Ph.D. work;

2. **Safety Considerations:** Maintaining awareness of the physical environment reduces the risk of accidents during gameplay. Some systems even incorporate real-time obstacle detection to further enhance safety.

Despite the numerous advantages, VR fitness games in mixed reality still face several challenges:

1. **Motion Sickness:** Some individuals may experience motion sickness or discomfort when using VR technology, although mixed reality experiences tend to mitigate this issue to some extent, however, not fully.

2. **Space Requirements:** Many VR fitness games require a certain amount of physical space to play safely and effectively, which may not be available to all users. Mixed reality helps with re-centering and re-placing, as well as allows to look out for any existing obstacles in user's room.

3. **Technical Limitations:** Current technology may still have limitations in terms of graphics quality, motion tracking accuracy, and latency, which can affect the overall experience.

As a conclusion, it should be noted that VR fitness games in mixed reality represent a promising future of both technology and health. By combining the engaging aspects of gaming with the physical benefits of exercise along with a safer way to do that, these experiences have the potential to make fitness a lot more immersive, effective, and entertaining for a huge number of users.

REFERENCES

1. [Nicoletta Sala](#), Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality in Education: A Brief Overview. Current and Prospective Applications of Virtual Reality in Higher Education. January 2021. DOI:[10.4018/978-1-7998-4960-5.ch003](https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4960-5.ch003). Chapter 3, P. 51.

**SMART TOOLS OF MATHEMATICAL MODELLING
FOR SOME CHALLENGING GEOMETRIC DESIGN PROBLEMS**

Stoyan Yu.¹, Romanova T.^{1,2}, Bennell² J., Kallrath³ J.

t.romanova@leeds.ac.uk

¹*A.M. Pidgorny Institute of Power Machines and Systems of National Academy
of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

²*University of Leeds, Leeds, UK*

³*University of Florida, Gainesville, FL, USA*

Geometric design problems are related to the operational research area [1]. We discuss here a few challenging geometric design problems motivated by applications.

One of classical problems in computational geometry is constructing a convex hull of a given set of fixed convex polygons. However, if the polygons are freely translated and rotated without overlapping, then different convex hulls can be constructed depending on the translated/rotated positions of polygons. Correspondingly, the challenging problem to find a minimum perimeter/area convex hull arises. This problem has important applications in logistics, manufacturing, operations research, chemistry and mechanics. Corresponding problems arise, e.g., in animation to facilitate collision detection and in oil extraction to estimate output of oil wells, in robotics to solve a path finding problem and in epidemiology to represent a spatial extent of an epidemic.

A fast computation calculating the absolute porosity of varying the granulometric and mineralogical compositions is a challenging problem for creating artificial cores of reservoir rock, in which the amount of each fraction for their production is determined by mathematical modelling with the construction of a digital structure of the reservoir rock with a given porosity.

Additive manufacturing offers enormous geometrical freedom to optimize topology of producing parts. Creating hollowing systems is a typical practice for reducing printing material and time in 3D printing of light-weighted parts. Generating void structures with unknown number of holes, their shapes and sizes, positions and space orientations without significant loss of its mechanical strength subject to 3D printing standards is a challenging geometric problem.

While additive manufacturing technologies are very widespread in the research sector, they have so far only been used industrially in a few individual

areas of application. The manufacturing costs are one reason for this. Especially for ceramic materials, additive manufacturing processes represent a “game changer”. Optimization of arrangement of components in the building box of 3D printer and its potential for reducing the manufacturing costs is a challenging problem nowadays.

The challenging geometric problem motivated by the thermal deburring arises in modern clean and energy saving technology of removing burrs from machine parts (objects) by detonating gas mixtures in a deburring chamber. To achieve a stable processing quality and the most uniform distribution of thermal and power effects, the complex shaped parts have to be placed sufficiently distant one from another.

We refer these challenging problems to the following new classes of geometric design problems: arrangement (layout, packing) of soft objects, sparse arrangement of objects, quasi arrangement of objects, arrangement of object clusters.

To construct mathematical models of the geometric problems new classes of phi-functions and quasi phi-functions [2-4] for irregular shaped objects in different norms have been developed. The properties of these functions and their relationship with the Minkowski sum and the Nofit polygon [5], as well as, the advantages of new tools over these approaches for offline algorithms are discussed.

[1] Kallarth, J. Business Optimization Using Mathematical Programming, Springer, (2021) ISBN: 978-3-030-73237-0

[2] Romanova, T., Litvinchev, I., Pankratov, A. (2020). Packing ellipsoids in an optimized cylinder. European Journal of Operational Research.

[3] Romanova T, Stoyan Y, Pankratov A, Litvinchev I, Avramov K, Chernobryvko M, Yanchevskiy I, Mozgova I, Bennell J. (2021) Optimal layout of ellipses and its application for additive manufacturing. International Journal of Production Research.

[4] Romanova T., Pankratov A., Litvinchev I., Plankovskyy S., Tsegelnyk Y., Shypul O. (2021) Sparsest packing of two-dimensional objects, International Journal of Production Research.

[5] Leao, A.S., Toledo, F.M.B., Oliveira, J.F., Carravilla, M.A., Alvarez-Valdés, R.: (2020) Irregular packing problems: a review of mathematical models. European Journal of Operational Research.

OPTIMIZED DESIGN OF MICROSTRUCTURE OF HEAT-RESISTANT ALLOYS POWDER FOR ADDITIVE MANUFACTURING

**Stoian, Y.¹, Romanova, T.^{1,2}, Pankratov, O.¹, Duriagina, Z.³,
Lemishka, I.³, Ovchynnikov, O.⁴**

urikpostg@gmail.com, t.romanova@leeds.ac.uk, pankratov2001@yahoo.com,
zduriagina@ukr.net, mzihor@ukr.net, vikapaskozp@gmail.com

¹ *Anatolii Pidhornyi Institute of Energy Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

² *University of Leeds, Leeds, UK*

³ *Lviv polytechnic university, Lviv, Ukraine*

⁴ *JSC "Titanium institute", Zaporozhye, Ukraine*

Additive Manufacturing (AM) opens up broad prospects for the production of critically important products of any shape and size from a variety of structural materials. This technological approach is used in most fields of science and technology for in-situ resolution of challenging problems associated with optimization of a production process for energy saving, materials, raw materials, and overcoming environmental problems [1]. This is important for industrial applications, e.g., in the aerospace industry, energy, mechanical engineering, construction and architecture, medicine, and biotechnology (see, e.g., [2-4]).

Additive technologies (3D printing) are implemented using different materials, such as: polymers, concretes, ceramics, composites, powders based on pure metals and special alloys. The process of preparing powders involves the complete or partial melting of the prepared mixture to ensure the connection of powder particles with each other. This allows creating models and prototypes of industrial products [5].

Preliminary control of the product microstructure design can ensure the implementation of AM technologies in the aerospace industry and mechanical engineering using powdered heat-resistant alloys made from used products [6]. In addition, the use of information technology allows predicting the technological properties of powdered materials that can be used in AM.

The application of mathematical modeling in AM allows: increasing the efficiency of each stage of the technological process; reducing the number of defective products; rationally planning the consumption of energy, material

resources; reducing time of production and costs of environmental protection.

This study is aimed at optimizing design of microstructures of powdered heat-resistant alloys having various fractional compositions and with expected mechanical, functional, and technological properties using physical-mathematical models based on titanium alloy findings [6]. A knapsack packing problem is used to study different fractional compositions. Partial overlapping, non-overlapping, quasi-containment, and containment conditions for spheroidal and non-spheroidal particles in a given 3D volume are developed for the packing problem. The phi-function technique [7] is used as an analytical tool for describing the placement conditions. A corresponding mathematical model is stated in the form of a mixed integer nonlinear programming problem. A heuristic approach for finding reasonable feasible solutions for different particle size distribution laws is provided. It is based on the dynamic layer strategy combining with a decomposition algorithm. The results of computer simulation for spheroidal and non-spheroidal particles of heat-resistant alloys and their mixtures are presented.

The main contribution of the research is development of a new approach to model a microstructure, phase and fractional composition of powder materials of heat-resistant nickel alloys, which play a key role in the production of elements of aerospace systems, as well as, body parts.

1. Abdullah, A., Mustafa, S., Fawaz, M.A., Abdulrahman, M. Al-A.: Design for Additive Manufacturing: A Systematic Review. *Sustainability* 12(19), 7936 (2020).
2. Gisario, A., Kazarian, M., Martina, F., Mehrpouya, M.: Metal additive manufacturing in the commercial aviation industry: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 53, 124–149 (2019).
3. Pajonk, A., Prieto, A., Blum U., Knaack, U.: Multi-material additive manufacturing in architecture and construction: A review. *Journal of Building Engineering* 45, 103603 (2022).
4. Ziółkowski, M., Dyl, T.: Possible Applications of Additive Manufacturing Technologies in Shipbuilding: A Review. *Machines* 8(4), 84 (2020).
5. Zhang, W., Attar, H.: *Additive Manufacturing of High-Performance Materials*. Springer. (2021).
6. Duriagina, Z. et al.: Optimized filling of a given cuboid with spherical powders for additive manufacturing. *Journal of the Operations Research Society of China* 9(4), 853–868 (2021).
7. Romanova, T., Stoyan, Y., Pankratov, A., Litvinchev, I., Avramov K., Chernobryvko M., Yanchevskyi I., Mozgova I., Bennell J.: Optimal layout of ellipses and its application for additive manufacturing. *International Journal of Production Research* 59 (2), 560-575 (2021).

**DEVELOPING A DYNAMIC PREDICTIVE MODEL FOR BASELINE
DETECTION AND FOLLOW-UP RE-EVALUATION OF THE RISK
OF PROSTATE CANCER PROGRESSION ON ACTIVE SURVEILLANCE
(PROGRESS PROSTATE)**

**Sushentsev¹ N., Abrego² L., Zaikin^{2,3} A., Barrett¹ T.,
Blyuss⁴ O.**

- 1. Department of Radiology, Addenbrooke's Hospital and University of Cambridge, Cambridge, UK*
- 2. Department of Women's Cancer, Institute for Women's Health, University College London, London, UK*
- 3. Department of Mathematics, University College London, London, UK*
- 4. Wolfson Institute of Population Health, Queen Mary University of London, London, UK*

Purpose

To create a predictive model for assessing baseline and follow-up risk of prostate cancer (PCa) progression in patients on active surveillance (AS).

Methods

The study included 422 AS patients, with 82 (19.4%) experiencing either histological or radiological PCa progression (PRECISE 5) over a median follow-up of 4.5 years. The baseline model used initial serum prostate-specific antigen (PSA), PSA density (PSAD), MRI Likert score, tumour diameter, and tumor grade group. The follow-up model incorporated baseline Likert scores along with longitudinal PRECISE scores, PSAD measurements, and repeat biopsy results. We trained and tested these models on a 50/50 data split, focusing on predicting three-year progression using various neural networks.

Results

The baseline model, a generalized additive model (GAM) using PSAD and Likert score, achieved a test AUC of 0.65, with 21% specificity at 95% sensitivity, potentially reducing unnecessary biopsies in low-risk patients. The follow-up model, a long short-term memory (LSTM) neural network, included baseline Likert score, PRECISE, and PSAD data, achieving a test AUC of 0.75, significantly better than PRECISE alone (AUC=0.61, P<0.01).

Conclusions

This MRI-based approach shows promise in more accurately stratifying patients at baseline and improving on the current PRECISE standard for monitoring disease progression during follow-up.

A MATHEMATICAL MODEL OF SOCIAL INTERACTION BASED ON CELLULAR AUTOMATA

Symonov D., denys.symonov@gmail.com,

Symonov Y., e.symonov@gmail.com, **Zaika B.**, zaikabohdan5@gmail.com

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences
(NAS) of Ukraine, Kyiv*

Modern social systems are characterized by a high level of complexity and dynamism due to nonlinear interactions between agents and their ability to self-organize. Traditional modeling methods often neglect micro-level processes that can lead to the emergence of new patterns. Using cellular automata to model a social system allows us to study the impact of the spread of opinions, innovations, and social norms on the state of the system.

Cellular automata are formal models of discrete dynamic systems with local interactions. They are based on a discrete lattice, where each element of the system is in one of the possible states, and the change of states occurs synchronously according to fixed transition rules that depend on the state of its neighbors. In the context of social systems, cellular automata allow us to model how individual behavior at the micro level leads to collective patterns at the macro level.

In the process of modeling, the social system is represented as a two-dimensional discrete lattice, where each position corresponds to an individual or group. The state of an individual is determined by a set of social attributes, such as opinions or behavioral patterns. Interactions between individuals are modeled through their neighborhood, which may include friends, colleagues, or other individuals with whom they have direct social interaction. The transition from one state to another is determined by rules that depend on the individual's own state and the states of his or her neighbors.

The rules of interaction in the system may include such mechanisms as:

- Conformism: an individual changes their state under the influence of group pressure if the majority of neighbors support a certain opinion;
- Threshold functions: a change of state occurs if the number of neighbors in a certain state exceeds a certain threshold;
- Probabilistic rules: a state change occurs with a certain probability, reflecting individual characteristics and chance.

Numerical experiments with different parameters and neighborhood topologies have revealed the following key results:

- at certain critical values of parameters, there is a sharp transition of the system from a state of equilibrium to chaos, similar to phase transitions in physical systems;
- the structure of social relations has a significant impact on the dynamics of information or innovation;
- some social norms can be resistant to external influences, but can change rapidly when certain thresholds are exceeded.

The proposed model based on cellular automata effectively demonstrates complex social processes, emphasizing the importance of local interactions in shaping global behavior. The simplicity of rules at the micro level can lead to complex patterns at the macro level. Further research could include extending the model to take into account additional factors, such as the influence of social networks.

References

1. Symonov, D., Symonov, Y., 2024. Methods for selecting models of functioning of multicomponent information and environmental systems. Scientific Journal «Mathematical Modeling». Vol 50, no 1. pp. 57-63. DOI: [https://doi.org/10.31319/2519-8106.1\(50\)2024.304943](https://doi.org/10.31319/2519-8106.1(50)2024.304943)
2. Symonov, D. I., Zaika, B. Y., 2024. Modeling the management of complex information multicomponent systems. Scientific Bulletin of Uzhhorod University, Series of Mathematics and Informatics. Vol 44, no 1. pp. 168–174. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44\(1\).168-174](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.44(1).168-174)

MATHEMATICAL NONLINEAR MODELS OF COMPLEXLY ORGANIZED NATURAL SYSTEMS

Trotsenko A.G., trotsenko1998@gmail.com

Kuzenkov O.O., kuzenkov1986@gmail.com

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

The introduction to the study of mathematical nonlinear models of complex natural systems is crucial for understanding and describing phenomena that cannot be predicted or controlled by linear models. Modern natural systems often involve multiple interacting components, forming complex nonlinear relationships. These systems are typical for fields such as biology, ecology, geophysics, and other sciences, where nonlinearity plays a critical role in their dynamic behavior. To emphasize the necessity of nonlinear models for describing complex natural systems, consider adding a nonlinear differential equation that illustrates the system's dynamics, for example:

$$\frac{dX}{dt} = aX - bX^2$$

where X is a variable representing the state of the system, and a and b are parameters governing the growth rate and saturation. This formula demonstrates how a simple nonlinearity can influence the system's behavior.

The methodology of the study is based on the application of both theoretical and empirical methods. In the initial stage, the mathematical formulation of the problem is developed, describing the key parameters and interactions within the system. Discretization and multi-parameter modeling methods are used for numerical analysis, enabling simulation of complex system behavior under varying conditions. This approach allows simulating system behavior over time.

$$x_{n+1} = x_n + f(x_n, t_n)\Delta t$$

where $f(x_n, t_n)$ describes the system's change at time t_n , and Δt is the time step. This representation shows how system behavior can be simulated at each time step.

The study found that the developed models have a high degree of accuracy in describing nonlinear interactions among system components. The analysis showed that these models can predict both temporal and spatial changes and maintain predictability over extended periods. Additionally, the models demonstrated an ability to accurately depict phenomena arising from external influences, such as climate changes or population fluctuations in ecosystems.

Comparative analysis accuracy table:

<i>Scenario</i>	<i>Linear Model Accuracy</i>	<i>Nonlinear Model Accuracy</i>
<i>Without external disturbances</i>	85%	95%
<i>Parameter a variation</i>	70%	90%

In conclusion, this study demonstrated that the use of nonlinear models enables a deeper understanding of the dynamics and stability of complexly organized natural systems. The models provide a new approach to predicting the response of such systems to external influences, which is particularly relevant in the context of global changes.

Bibliographic references

1. **Guckenheimer, J., & Holmes, P.** (2000). *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. 3rd ed. New York: Springer.
2. **Strogatz, S. H.** (2014). *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. Boulder, CO: Westview Press.
3. **Murray, J. D.** (2002). *Mathematical Biology I: An Introduction*. 3rd ed. New York, NY: Springer.

COMPUTER METHODS FOR CLASSICAL PROBLEMS OF LINEAR ALGEBRA

Tsukanova A.O., Dzenzel V.V., vladislavdzenzel@gmail.com,

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»

Applied (machine) linear algebra is rapidly developing branch of mathematics that allows us to take different look at various classical problems. The given paper presents some results of comparative analysis of classical Gauss method and optimization gradient methods and their modifications for solving arbitrary systems of linear algebraic equations, obtained by testing our own program in «Visual Basic for Applications». Namely, we have combined methods of classical linear algebra and the following six optimization methods: gradient descent method with adapted step selection, gradient descent method with adapted step correction, modified gradient descent method, descent method with adapted step selection, gradient method of steepest descent, and gradient method of conjugate gradients, using formulas of Fletcher-Reeves and Polak-Reiber.

Gradient methods are numerical methods for solving problems of unconditional optimization with the help of gradient, that reduce to finding extreme points of special function. Gradient methods are one of the most common groups of methods for searching unconditional extremum. All of them use information about gradient of the function and are based on finding extremum of function by sequentially moving to it, using the gradient of this function.

An essence of our proposed numerical optimization method of gradient descent is that solving an arbitrary system of the following matrix form

$$A\vec{x} = \vec{b}, A = A_{m \times n}, \vec{b} = B_{m \times 1}, \vec{x} = X_{n \times 1},$$

is reduced to searching of minimizer, i.e. such vector $\vec{x}^* \in \mathbf{R}^n$, that

$$\min_{\vec{x} \in \mathbf{R}^n} f(\vec{x}) = f(\vec{x}^*),$$

for the next so-called residual function

$$f(\vec{x}) = (A\vec{x} - \vec{b}, A\vec{x} - \vec{b}) = \|A\vec{x} - \vec{b}\|^2, A \in \mathbf{R}^{m \times n}, \vec{b} \in \mathbf{R}^m, m \leq n.$$

Formally, this method consists in iterative generation of such sequence of points, i.e. descent trajectory $\{\vec{x}_k\}_{k \geq 0}$ that is sometimes called a relaxation trajectory, that converges to our true, real solution \vec{x}^* , that

$$f(\vec{x}_{k+1}) \leq f(\vec{x}_k), k \geq 0,$$

according to the following iterated scheme from two steps.

1. An arbitrary point is selected as an initial approximation \vec{x}_0 .
2. All the next points $\vec{x}_{k+1}, k \geq 0$, are determined by the formula

$$\vec{x}_{k+1} = \vec{x}_k - \lambda_k \cdot \text{grad}(f(\vec{x}_k)), \lambda_k > 0, k \geq 0.$$

At each step we make some move along the vector of anti-gradient, in the direction of the fastest decrease of f , and, as a result, we receive our necessary solution.

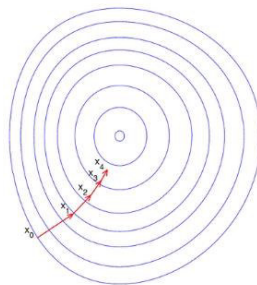


Fig. 1. Illustration of successive approximations to extremum point in the direction of the steepest descent in the case of fractional step $\lambda_k, k \geq 0$

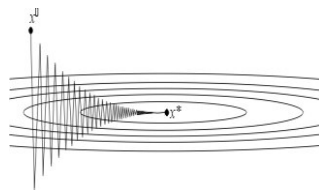


Fig. 2. Schematic example of situation,

when our descent gradient method converges very slowly

The program combines two parts: conclusions, based on classical (Gaussian) method, and solution, obtained with various gradient methods.

We suppose the considered software product to become an effective intellectual system for studying the course of linear algebra and a cycle of various related disciplines from higher mathematics.

GRADIENT DESCENT METHOD FOR SOLVING LINEAR SYSTEMS

Tsukanova A., Durandin D., durandindmitro79@gmail.com,

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»

According to the Gaussian method of successive elimination of unknowns in solving some set of linear equations, the matrix system

$$A\vec{x} = \vec{b},$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} = A_{m \times n}, \vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix} = B_{m \times 1}, \vec{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} = X_{n \times 1}$$

is reduced during the forward elimination to an equivalent row echelon form, from which one can tell whether there are no solutions, a unique solution, or infinitely many solutions. An essence of the gradient descent method is that solving this system is reduced to finding the extremum (minimum) point of the next functional

$$f(\vec{x}) = (A\vec{x} - \vec{b}, A\vec{x} - \vec{b}) = \|A\vec{x} - \vec{b}\|^2, A \in \mathbf{R}^{m \times n}, \vec{b} \in \mathbf{R}^m, m \leq n,$$

where $\|\cdot\|$ denotes the Euclidean norm, (\cdot, \cdot) – the Cartesian product. This minimum is reached at the solution $\vec{x}^* \in \mathbf{R}^n$ of the system under consideration.

The method consists in building a sequence of such points $\{\vec{x}_k\}_{k \geq 0}$, that $f(\vec{x}_{k+1}) \leq f(\vec{x}_k)$, $k \geq 0$, with the help of the next recurrence rule

$$\vec{x}_{k+1} = \vec{x}_k - \lambda_k \cdot \text{grad}(f(\vec{x}_k)), \lambda_k > 0, k \geq 0.$$

Geometric interpretation for the case $\lambda_k = \text{const}$, $k \geq 0$, is schematically demonstrated in the figure below.

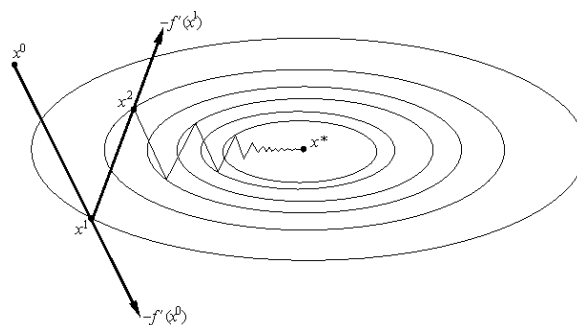
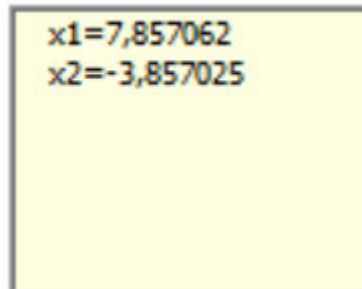


Fig. 1. Geometric illustration of the descent method with some constant step

Our goal was, firstly, to write and to test program in «Visual Basic for Applications» for solving arbitrary systems of linear algebraic equations with the help of gradient descent method with adapted step correction. And, secondly, to compare its results with results of the Gaussian elimination method. I.e. we have combined two various methods: innovative variational method of gradient descent and well-known classical method from linear algebra.

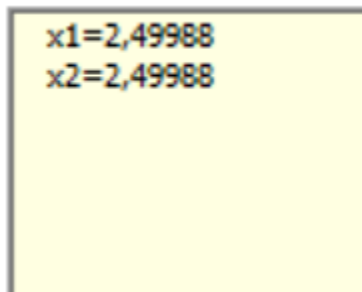
Screenshots of result of work of variational part of our program for several systems of linear algebraic equations is presented below.

$$\begin{cases} 8x_1 - x_2 = 59, \\ 8x_1 + 8x_2 = 32. \end{cases}$$



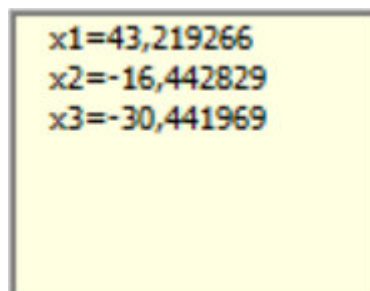
A screenshot of a yellow rectangular box containing the numerical solution for the first system of equations. The text inside the box is: x1=7,857062 and x2=-3,857025.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 5, \\ x_1 + x_2 = 5. \end{cases}$$



A screenshot of a yellow rectangular box containing the numerical solution for the second system of equations. The text inside the box is: x1=2,49988 and x2=2,49988.

$$\begin{cases} 8x_1 + 9x_2 + 4x_3 = 76, \\ 2x_1 + x_2 = 70. \end{cases}$$



A screenshot of a yellow rectangular box containing the numerical solution for the third system of equations. The text inside the box is: x1=43,219266, x2=-16,442829, and x3=-30,441969.

A NEW APPROACH FOR SOLVING LINEAR INVERSE PROBLEMS BASED ON THE QUASI-EXTENT FUNCTIONAL

Vovk S.M., vovk_s_m@ukr.net

Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

Linear inverse problems are found in many branches of physical sciences. Among them the inverse problems of signal or image restoration, object imaging in tomography, electromagnetic problems, and others can be mentioned. The solution to the inverse problem is to estimate the model parameters of the studied object by measured data.

Many approaches to solving linear inverse problems can be conditionally separated into classical and state-of-the-art. Classical approaches use appropriate mathematical models that describe the studied object and the appropriate criteria for solving inverse problems. In particular, criteria such as the least squares criterion, the least absolute deviations criterion, etc. can be used. Within classical approaches, a convex objective function is usually formed, which is to be minimized in the space of the model parameters.

State-of-the-art approaches to solving linear inverse problems are based on neural networks. Most such approaches are agnostic, since they do not use knowledge about the forward operator of the problem, but rely on a set of known solutions used as training samples. The main challenge of these approaches is determining the type and architecture of the neural network, its configuration (the number of inputs and layers, including hidden layers), and the learning algorithm complexity. However, some new approaches include a forward linear operator of the problem in neural network architecture.

The report presented here addresses a new approach to solving linear inverse problems based on the quasi-extent functional. It belongs to the group of classical approaches that use a known mathematical model of the data formation process. The statement of the linear inverse problem, which is based on the quasi-extent functional, is to minimize the generalized functional that combines the requirement to minimize the extent of the solution residual and the

requirement to minimize the extent of some function of the solution through regularization parameter. Using the definition of the function's extent in the form of the quasi-extent [1], the proposed approach allows tuning the data processing to the noise environment and properties of the solution. Such tuning is carried out by setting the appropriate values of the operating parameters. The effectiveness of the proposed approach is demonstrated by solving the linear inverse problem of restoring sets of dipole radiation sources based on the computer simulation of near-field data distorted by noise and outliers.

Fig. 1 shows the results of solving the inverse problem of restoring the set of five dipole sources by measurement data; other results are presented in the report.

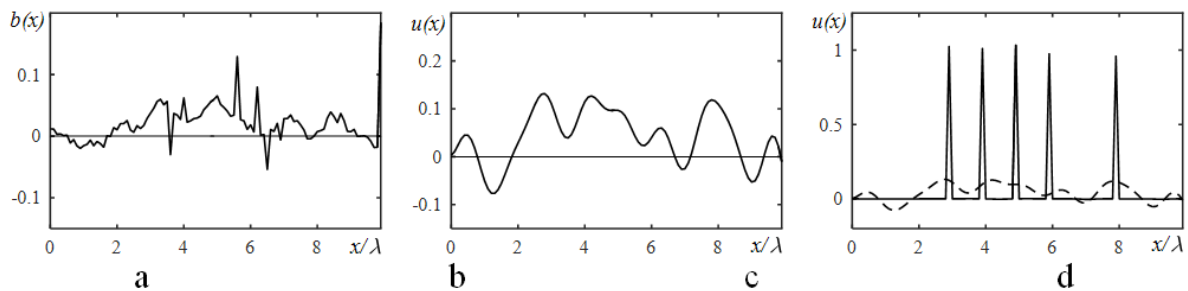


Fig. 1. Simulations: (a) data with distortion, (b) damped least-square solution, and (c) solution by proposed approach (solid) in comparing with damped least-square solution (dashed)

The obtained results can be used to design a neural network capable of solving linear inverse problems by tuning it to the noise environment and solution properties.

References

1. Vovk S. M. Functional of quasi-extent and its application. *Problems of applied mathematics and mathematical modeling*. 2023. Vol. 23. P. 18–30. (in Ukrainian)

ЗАДАЧІ ІНТЕРАКТИВНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ГЕОМІТОК У ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Антоненко О.О. alorken2@gmail.com, **Михальчук Г.Й.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Розвиток географічних інформаційних систем відкриває нові можливості для візуалізації даних, зокрема, для інтерактивного відображення об'єктів на карті за допомогою геоміток. Особливе значення це має для платформ, що демонструють дані, прив'язані до локацій, наприклад, оголошення про продаж чи оренду нерухомості, події та інше. Для оптимального вирішення таких задач необхідно створювати ефективні методи масштабування, оптимізації відображення міток та інтерактивної взаємодії з користувачем.

Метою дослідження є розроблення методів, що забезпечують зручність і швидкодію візуалізації геоміток при інтерактивному використанні карти. Основні завдання дослідження включають:

1. Масштабування карти: Створення адаптивного методу масштабування, що дозволяє користувачеві змінювати масштаб без втрати якості відображення та точності розташування об'єктів.

2. Обмеження кількості геоміток на масштабі: Визначення оптимальної кількості геоміток, що можуть бути показані одночасно на карті, враховуючи обмеження за масштабом. Це передбачає кластеризацію даних або адаптивний показ міток на основі важливості об'єктів у конкретному регіоні карти.

3. Розмір та тип геоміток: Розробка правил для динамічної зміни розміру та форми міток в залежності від рівня масштабування карти та щільності об'єктів. Важливо, щоб мітки залишались читабельними і не переважували карту, зберігаючи чіткість інформації.

4. Фільтрація об'єктів за віддаленістю: Розроблення механізму для вибору та відображення оголошень, що найближчі до точки

масштабування. Це передбачає оцінку відстані та автоматичне оновлення відображення при зміні масштабу або фокусування карти на нову ділянку.

При розробці зазначених методів виникають кілька суттєвих проблем, які потрібно вирішувати:

1. Обмеження продуктивності: При великій кількості геоміток на карті можлива втрата продуктивності інтерфейсу, що ускладнює інтерактивність та знижує якість користувацького досвіду.

2. Перевантаження візуальної інформації: Показ надмірної кількості об'єктів на карті може призвести до інформаційного перевантаження користувача. Потрібно балансувати між кількістю даних та їхнім зручним сприйняттям.

3. Точність географічного позиціонування: При зменшенні масштабу точність позиціонування об'єктів може втрачатися, що вимагає застосування методів адаптивного відображення та оптимізації.

Сучасні ГІС-платформи, такі як Google Maps API, Leaflet, Mapbox, вже надають інструменти для роботи з геомітками, кластеризацією та масштабуванням. Проте, для конкретних випадків використання, наприклад, інтерактивного відображення оголошень, необхідне вдосконалення базових можливостей. Особливо актуально це для адаптації під специфічні вимоги до масштабування, динамічної кластеризації та фільтрації об'єктів.

Розв'язання задачі інтерактивного відображення геоміток має важливе значення для сервісів, що надають користувачам можливість знайти спеціалізовані пропозиції, розташовані в різних частинах світу. Одним із прикладів такого застосування є платформа для розміщення оголошень про продаж яхт, де необхідно відображати мітки з інформацією про яхти, доступні для купівлі в різних регіонах.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ ІЗ ЛЕКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Антоненко С.В. svitlanav.antonenko@gmail.com, **Ізмайлова М.К.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

З розвитком технологій штучного інтелекту освітяни отримали нові можливості для запровадження у своїй діяльності, зокрема можливість автоматизованого створення тестів із навчальних матеріалів, таких як слайди презентацій, текстові документи або PDF-файли. Це дозволяє зекономити час викладачів на підготовку завдань, а також адаптувати тести під рівень знань студентів. У даній роботі розглядаються безкоштовні інструменти, засновані на нейронних мережах, які можуть бути використані для створення тестових завдань з лекційних матеріалів, а також обмеження безкоштовних рішень.

Hugging Face Transformers (моделі T5 і BERT-QA). Hugging Face надає доступ до бібліотеки різноманітних моделей, зокрема для обробки тексту. Модель T5 (Text-To-Text Transfer Transformer) та спеціалізовані BERT-моделі для задач питання-відповідь (QA) підходять для автоматичного створення тестів. T5 можна налаштувати на створення питань із вхідного тексту, наприклад, у форматі слайдів чи тексту лекції. Модель здатна виділяти ключові фрази та перетворювати їх у питання. BERT-QA може використовуватися для задач питання-відповідь, де модель шукає важливі аспекти в тексті та створює запитання, що перевіряють розуміння цих аспектів.

Hugging Face надає безкоштовний доступ до своїх моделей через API та Google Colab, що дозволяє обробляти текстові матеріали у різних форматах. Максимальна довжина послідовності індексів токенів 512.

OpenAI GPT-3 (безкоштовний доступ через OpenAI Playground). GPT-3 від OpenAI дозволяє створювати запитання на основі змісту лекційного матеріалу. Викладач може вводити текст лекції або

завантажувати текстовий файл, а GPT-3 згенерує питання у відкритій або закритій формі. GPT-3 дозволяє налаштовувати тон і рівень складності запитань, що робить його зручним для створення тестів під різні групи студентів.

Безкоштовний доступ через OpenAI Playground обмежений за обсягом запитів, що може бути достатнім для малих груп студентів або тестування на початковому етапі. Якщо запускати через Google Colab, рішення потребує введення OpenAI API key, а він не є безкоштовним.

Google T5 і Flan-T5 (Google Research). Google Research пропонує модель T5 (Text-To-Text Transfer Transformer) та її удосконалену версію Flan-T5, яка орієнтована на створення контекстно-залежних запитань і добре працює з текстом, узятим із презентацій чи PDF. Flan-T5 краще адаптована до навчальних завдань, дозволяє створювати питання, які є контекстуальними та точно відповідають навчальному матеріалу. Google Colab надає можливість безкоштовного використання T5 і Flan-T5 для автоматизації створення тестів. Google Colab підтримує виконання моделей на потужних GPU, що значно знижує обчислювальне навантаження для користувача.

Sentence Transformers допомагає із завданнями запитання-відповідь. Sentence Transformers, доступні через Hugging Face, дозволяють розбивати текст на окремі семантично зв'язані фрази та використовувати їх для створення тестів у форматі «вірно чи ні» або з вибором відповіді. Sentence Transformers виділяють важливі моменти в матеріалі та генерують прості питання, що допомагають перевірити знання основних ідей лекції. Це рішення є легким у налаштуванні і добре підходить для автоматизації тестування з простих текстових матеріалів. Модель дозволяє надати варіанти запитань та згенерувати відповіді на них, керуючись значенням схожості.

Якщо потрібно створювати тести із PDF чи Word-файлів, їх можна зчитати за допомогою бібліотек Python. Наприклад, бібліотеки PyMuPDF

або pdfplumber дозволяють читати текст із PDF-файлів. Для Word-файлів підійде, наприклад, бібліотека python-docx.

Використання нейронних мереж для автоматизації роботи викладача має як переваги, так і недоліки.

Переваги використання нейронних мереж:

- нейронні мережі значно пришвидшують підготовку тестових матеріалів;
- моделі можна налаштовувати для створення завдань різного рівня складності;
- багато рішень доступні через безкоштовні платформи, що робить їх доступними для освітніх закладів з обмеженими ресурсами.

Виклики при використанні нейронних мереж:

- обмеження безкоштовних версій на обсяг запитів;
- автоматично згенеровані питання вимагають перевірки викладачем;
- для автоматизації створення тестів потрібні хоча б початкові знання мови програмування Python.

Використання нейронних мереж для автоматизації створення тестів із навчальних матеріалів може стати важливим інструментом для освіти. Це може потенційно знизити навантаження на викладачів. Існують безкоштовні рішення, які допоможуть практично нальоту створювати прості питання на основі тексту слайдів, PDF або Word-файлів, але є обмеження на обсяг запиту. Крім того, для забезпечення більшої гнучкості всі ці рішення вимагають більш детального занурення в тему використання та налаштування трансформерів. Для ефективного використання ШІ в освіті необхідна відповідна підготовка викладачів та контроль якості, щоб забезпечити надійність тестових завдань.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ГЕНЕТИЧНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЦИКЛУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Антоненко С.В. svitlanav.antonenko@gmail.com,

Мойсеєнко В.М. victor.moiseyenko@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Сучасний цикл розробки програмного забезпечення постійно вимагає нових рішень для автоматизації та оптимізації процесів на всіх етапах, від початкового планування до розгортання і подальшої підтримки. Генеративний штучний інтелект (ГШІ), що використовує еволюційні алгоритми, стає ефективним інструментом для розв'язання складних задач, які доводиться вирішувати ІТ-спеціалістам. Це дає змогу значно підвищити ефективність розробки та підтримки програмного забезпечення (ПЗ). У 2023

році згідно опитуванню KPMG [1] (KPMG Generative AI Survey, March 2023 and June 2023) 74% опитаних компаній вважали навички використання ГШІ критичними для розвитку бізнесу та ІТ-рішень в найближчі роки.

Метою даного дослідження є оцінка можливостей застосування ГШІ для вдосконалення основних етапів життєвого циклу розробки ПЗ: від проектування та бізнес-аналізу до впровадження в продуктове середовище та комплексного покращення SDLC процесу.

Зокрема, основними напрямками дослідження є:

1. Аналіз та документування вимог: використання ГШІ для підготування документів та аналізу вимог, аналіз впливу змін на продукт, ідентифікація ризиків, генерація варіантів впровадження змін, моделювання бізнес-процесів на основі наданого опису системи тощо.

2. Планування та використання ресурсів: Використання ГШІ для ефективного розподілу завдань у командах, раціонального планування й управління ресурсами.

3. Розробка кодової бази та оновлення: Застосування різних моделей ГШІ для підказування (prompting approach), регенерації коду на інші мови програмування (зокрема для пришвидшення міграції кодової бази на інші діалекти SQL), автоматичного вирішення проблем при оновленні фреймворків та бібліотек.

4. Виявлення патернів та покращення коду: Використання ГШІ для аналізу шаблонів програмного коду, що дозволяє створювати моделі, які автоматично рекомендують покращення структури та стилю коду.

5. Адаптивне тестування: Застосування генеративних алгоритмів для автоматизованого тестування, що прискорює виявлення й усунення помилок у коді.

6. Адаптивні алгоритми для CI/CD: Інтеграція ГШІ в процеси безперервної інтеграції та доставки (CI/CD) для автоматичного налаштування параметрів, що сприяє підвищенню продуктивності й швидкості релізу.

7. Підтримка ПЗ: Застосування ГШІ для проактивного моніторингу, надання пропозицій по попередженню та усуненню проблем, формування звітів та допомога в підтримці користувачів.

На сучасному етапі розвитку технологій при впровадженні ГШІ виникають певні труднощі, які треба долати при впровадженні ГШІ в процеси SDLC:

1. Великі обсяги даних: Для ефективного навчання ГШІ необхідний великий обсяг даних, що може бути викликом для малих команд і проєктів.

2. Приватність використання корпоративних даних та алгоритмів: проблема, яка особливо актуальна при використанні некомерційних продуктів ГШІ.

3. Потреба в обчислювальних ресурсах: Навчання моделей потребує значних обчислювальних ресурсів, особливо на етапах оптимізації алгоритмів.

4. Складність інтерпретації: Результати, згенеровані за допомогою генеративних алгоритмів, часто важко інтерпретувати, що може ускладнити інтеграцію в загальний процес розробки.

Сьогодні логіка на основі правил і базовий ML (machine learning) допомагають розробникам пришвидшити процес кодування. Однак, генеративний штучний інтелект може підтримувати розробку ПЗ більш широкими й автоматизованими способами.

Генеративний штучний інтелект може добре впоратися з повторюваними та нудними частинами процесу розробки програмного забезпечення, залишаючи для людей творчу частину праці. Наприклад, розробники можуть використовувати ГШІ для автоматичного пошуку потенційних вразливостей безпеки коду. Хоча ці завдання можуть зайняти у людей кілька годин, генеративний ШІ може виконати їх за лічені секунди.

Засоби генеративного ШІ мають потенціал для глибокого покращення циклу розробки програмного забезпечення. Подальші дослідження мають на меті випробувати ГШІ на реальних прикладах, оцінюючи вплив таких інструментів на якість коду, продуктивність команди та загальний ефект від застосування. Впровадження генеративного штучного інтелекту в процесі розробки також відкриває перспективи для автоматизованого вирішення нетипових архітектурних задач, зокрема в умовах частих змін вимог до ПЗ та непередбачуваних навантажень на систему.

Перелік посилань

1. 2023 KPMG Generative AI Survey. – [Електронний ресурс]. URL: <https://kpmg.com/us/en/articles/2023/generative-artificial-intelligence-2023.html>

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ШВИДКОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

Балейко А.С., Михальчук Г.Й. artembaleyko@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

З огляду на стрімкий розвиток технологій у сфері доставки та логістики, оптимізація маршрутів стає ключовим чинником підвищення ефективності та зниження витрат.

Для покращення роботи служби доставки було створено програмне забезпечення, що формує ефективну маршрутну мережу на основі даних про клієнтів. Вхідні дані включають перелік заявок на доставку, де кожна містить адресу клієнта, дані про товар і час доставки. Для побудови маршрутної мережі запропоновано двоетапний евристичний алгоритм. На першому етапі формується початкове рішення, на другому виконується його оптимізація. Побудова початкового рішення здійснюється за допомогою алгоритму найближчого сусіда; для його покращення застосовується 2-орт алгоритм та модифікований алгоритм Swar.

Прискорення процесу побудови маршрутів здійснено за рахунок паралелізації алгоритмів 2-орт та Swar з перенесенням обчислень на графічний процесор (GPU). У таблиці 1 наведені результати порівняння швидкості роботи алгоритму на центральному та графічному процесорах. Експерименти проводились на наборах даних Соломона [1]. Технічні характеристики системи на якій проводились дослідження:

- Операційна система – Windows 11 Pro
- CPU – Intel Core i3-8100
- RAM – 8GB
- GPU – NVidia GeForce GTX 1050 TI

Таблиця 1 – Час роботи алгоритму на CPU та GPU

Кількість точок	CPU (ms)	GPU (ms)	CPU/GPU
25	0.14	1.1	0,13
50	1.4	1.9	0,74
100	8.4	3.5	2,4
200	376	101	3,72
400	3292	988	3,33
600	20850	6083	3,43
800	39302	13015	3,02
1000	139553	41473	3,36

За результатами, наведеними в таблиці 1, можна зробити висновок, що на достатньо великих наборах даних алгоритм, реалізований на GPU, працює набагато швидше ніж на CPU. Для невеликої кількості точок доцільніше використовувати версію алгоритму написану для CPU. Подальші дослідження можна спрямувати на реалізацію точних алгоритмів з використанням технології CUDA.

Бібліографічні посилання

1. VRPTW benchmark problems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://w.cba.neu.edu/~msolomon/problems.htm>

**КРИПТОСИСТЕМА НА ОСНОВІ ХАОТИЧНИХ АТТРАКТОРІВ ДЛЯ
ШИФРУВАННЯ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Білозьоров В. Є., belozvye2017@gmail.com,

Гук Н. А., NatalyGuk29@gmail.com,

Єгошкін Д. І., KnightDanila@i.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Стрімкий розвиток обчислювальних технологій та алгоритмів шифрування зробив захист конфіденційних даних та безпечну комунікацію невід'ємною складовою сучасного суспільства [1]. Із зростанням обчислювальних потужностей, включаючи квантові обчислення, традиційні методи шифрування стають вразливими, що сприяє розвитку інноваційних криптографічних технологій.

Стандартні криптосистеми AES, RSA та ECC, разом із апаратними модулями, такими як TPM (Trusted Platform Module) та HSM (Hardware Security Module), та Apple Secure Enclave забезпечують надійний захист [2,3]. Однак зростання обчислювальних потужностей призводить до збільшення попиту на надійні методи шифрування. А саме пропонується розглянути потенціал хаотичних і гіперхаотичних систем для підвищення криптографічної безпеки при шифруванні зображень.

Збільшення довжини ключа у криптографічних алгоритмах підвищує стійкість шифрування до різних атак. Це забезпечує захист від атак грубої сили (brute-force) і методів криптоаналізу та враховує майбутнє зростання обчислювальної потужності [4]. Довший ключ збільшує кількість можливих комбінацій, що значно ускладнює підбір методом грубої сили. Однак розвиток квантових обчислень робить класичні алгоритми вразливими, і хоча збільшення довжини ключа може забезпечити додатковий захист, вже розробляються квантово-стійкі алгоритми.

Квантово-стійкі алгоритми, також відомі як постквантова криптографія (PQC). Галузь PQC зосереджена на створенні алгоритмів, що залишаються безпечними навіть за наявності квантових комп'ютерів. До

таких підходів належать криптографічні схеми на основі мультिवаріантності, криптографія на ізогенії суперсингулярних еліптичних кривих, генерація ключів на основі хаотичних атракторів та шифрування на основі гіперхаотичних атракторів [4, 5, 6, 7]. Ці методи демонструють високу стійкість до квантових атак, що робить їх перспективним вибором для майбутніх систем захисту даних. Атрактори застосовуються в криптографії для захисту від квантових атак завдяки їх здатності генерувати складні, непередбачувані траєкторії, що ускладнює аналіз даних. У контексті стійкості до квантових атак атрактори використовуються для створення ключів, криптографічних послідовностей і шифрувальних схем, які мають хаотичність і непередбачуваність.

У цій роботі області тяжіння атрактору застосовуються для генерації шифрувальних ключів, оскільки вона визначає регіон початкових умов, що ведуть до генерування траєкторій у динамічній системі [8]. Ці траєкторії використані для створення хаотичних послідовностей, які породжують високий рівень непередбачуваності та використовуються у подальшому шифруванні даних.

Бібліографічні посилання:

1. M. Yang, N. Bourbakis, L. Shujun, *Dataimage Video Encryption, Potentials*, 23, (2004), 28-34.
2. D. R. Stinson, M. B. Paterson, *Cryptography: Theory and Practice*, 4th ed., CRC Press, 2019, ISBN: 978-1-1381-9701-5.
3. J. Katz, Y. Lindell, *Introduction to Modern Cryptography*, Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015, ISBN-13: 978-1-4665-7027-6.
4. M. Barbeau, *Quantum data communication protection with the quantum permutation pad block cipher in counter mode and Clifford operators*, *F1000Research*, 12, (2023), 1123. 10.12688/f1000research.140027.1.
5. O. Al-Hazaimeh, M. Al-Jamal, N. Alhindawi, A. Omari, *Image encryption algorithm based on Lorenz chaotic map with dynamic secret keys*, *Neural Computing and Applications*, 31, (2019), 1-11. 10.1007/s00521-017-3195-1.
6. B. Zhang, L. Liu, *Chaos-Based Image Encryption: Review, Application, and Challenges*, *Mathematics*, 11, no. 11, (2023), 2585. <https://doi.org/10.3390/math11112585>.
7. S. C. Koduru, V. Chandrasekaran, *Integrated Confusion-Diffusion Mechanisms for Chaos Based Image Encryption*, 2008 IEEE International Conference on Communications and Information Technology Workshops, 260-263. 10.1109/CIT.2008.Workshops.33.
8. G. Datseris, A. Wagemakers, *Effortless estimation of basins of attraction*, *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 32, no. 2, (2022), 023104. 10.1063/5.0076568.

ДВОЕТАПНА ПРОЦЕДУРА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Білозьоров В.Є., Інкін О.А.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

У теперешній час для моделювання різноманітних динамічних процесів набули поширення системи нейронних звичайних диференціальних рівнянь (НЗДР). Однак у задачах прогнозування пріоритетним залишається класичний нейромережевий підхід до побудови моделі. Це пов'язано з тим, що шляхом вибору архітектури нейронної мережі можна досягти більш точної апроксимації траєкторій динамічної системи. Відомо, що точність зазначеної апроксимації суттєво залежить від налаштувань параметрів (вагових коефіцієнтів) нейронної мережі та їх початкових значень. Відзначимо, що одним із найпоширеніших методів коригування вагових коефіцієнтів нейронної мережі є метод найкрутішого спуску. Але в цьому методі мережа може впасти в локальний мінімум, якщо поблизу є значно глибший мінімум. Основна складність навчання нейронних мереж полягає саме в методах виходу з локальних мінімумів: кожного разу, коли ви виходите з локального мінімуму, наступний локальний мінімум знову шукається, поки з нього більше не буде можливим знайти вихід. У зв'язку з цим наступний двоетапний метод моделювання пропонує знайти початкову точку в просторі вагових коефіцієнтів (параметрів), в якій значення функції похибки буде максимально близьким до мінімуму тієї ж функції в точці локального мінімуму. (Значення параметрів нейронної мережі приймаються рівними параметрам сингулярної системи НЗДР, отриманих шляхом моделювання досліджуваного процесу (1-й етап)). Згодом знайдена точка використовується як початкова для коригування параметрів деякої рекурентної нейронної мережі (мережі LSTM) методом зворотного поширення помилки (2-й етап) [1]. Отримані результати були використані для моделювання процесу епілепсії [1].

[1] Belozyorov V.Ye., Inkin O.A. Systems of singular differential equations as the basis for neural network modeling of chaotic processes -- Journal of Optimization, Differential Equations and Their Applications (JODEA). 2023.- V. 31 (2).- P. 24-49.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Блажко М.О., maxim007blazhko@gmail.com,

Гук Н.А., huk_n@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Рекомендаційні системи є ключовою складовою сучасних цифрових платформ, зокрема електронної комерції, соціальних мереж та потокових сервісів. Вони полегшують користувачам доступ до релевантного контенту, персоналізують пропозиції на основі попередньої поведінки або схожих уподобань. Класичні підходи до побудови рекомендаційних систем базуються на колаборативній та контентній фільтрації. Колаборативна фільтрація генерує рекомендації через пошук схожих користувачів або об'єктів на основі взаємодій, а контентна фільтрація орієнтована на аналіз властивостей об'єктів, що відображають подібність з тими, що цікавили користувача. Однак ці методи мають низку обмежень, зокрема проблеми холодного старту та труднощі з обробкою великих обсягів даних.

Застосування нейромережових технологій до побудови рекомендаційних систем дозволяє врахувати більш складні та динамічні зв'язки між даними. Нейронні мережі, зокрема багатошарові перцептрони (MLP), згорткові (CNN), рекурентні (RNN) та графові нейронні мережі (GNN) успішно розв'язують задачі побудови персоналізованих рекомендацій. Прикладами платформ, де застосовуються нейронні мережі, є Netflix та Spotify. Нейронні мережі не лише враховують історію взаємодій користувача, а і моделюють нелінійні та складні зв'язки в даних, що дозволяє інтерпретувати динамічні зміни в уподобаннях користувача.

У даній роботі була розроблена рекомендаційна система на основі нейронної мережі, яка поєднує колаборативну фільтрацію з глибоким навчанням. Для розв'язання використовується багатошаровий перцептрон,

який застосовує векторне подання для зображення інформації про користувачів і об'єкти, що дозволяє врахувати індивідуальні вподобання.

Експериментальне порівняння з традиційними підходами показало, що нейронна мережа із застосуванням векторизації забезпечує вищу точність рекомендацій. Для тестування ефективності класичних методів надання рекомендацій та запропонованого підходу застосовано показники точності та швидкості обробки даних. Традиційні методи добре зарекомендували себе в умовах обмежених даних, однак показали схильність до помилок у сценаріях з великим обсягом розріджених даних і непередбачуваними вподобаннями користувачів. Нейромережева модель на основі векторизації показала значну перевагу в обробці таких даних та надала можливість системі генерувати персоналізовані рекомендації завдяки здатності мережі виявляти нелінійні взаємозв'язки між користувачами та об'єктами.

Основним критерієм оцінки точності було обрано метрику RMSE (Root Mean Squared Error), за допомогою якої було підтверджено, що запропонований підхід надає кращі результати для задач із розрідженими даними у порівнянні із класичними методами. Було також встановлено, що обрана модель може адаптуватися до змін у поведінці користувачів та враховувати нові дані без необхідності перенавчання мережі.

В майбутньому передбачається дослідити гібридні моделі, які поєднують колаборативну та контентну фільтрацію з нейромережевими підходами для підвищення точності та адаптивності рекомендацій.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА МАГІСТРАЛІ

Бовкун М.Є., Тонкошкур І.С.

maksmaksmaks322@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Сучасна урбанізація та зростання кількості автотранспорту створюють необхідність у науково обґрунтованому підході до управління дорожнім рухом. Оптимізація автотранспортних потоків має критичне значення для зменшення заторів, підвищення безпеки на дорогах і зниження негативного впливу на довкілля.

Для моделювання транспортних потоків існують різні підходи [1]. Згідно з одним з них (макроскопічним), транспортний потік розглядають як стисливу рідину, рух якої описується системою рівнянь газової динаміки. У цій роботі в рамках макроскопічного підходу розглянуто задачу про односпрямований рух автомобілів односмуговою дорогою. Математична модель основана на рівнянні в частинних похідних першого порядку

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} = 0,$$

де x – координата вдовж автомагістралі в напрямку потоку, t – час, $u(x, t)$ – щільність транспортного потоку, F – інтенсивність потоку. Функція $F = F(u)$ вважається заданою. До диференціального рівняння додаються відповідні крайова і початкова умови.

Для розв'язання цієї задачі застосовувались скінченно-різницеві методи першого і другого порядку точності. Програмна реалізація проведена у середовищі пакета Maple. Проведені розрахунки для різних функцій $F(u)$.

Бібліографічні посилання

1. Treiber M., Kesting A. Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation. Springer, 2013, 503 p.

ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ ДОСТАВКИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ НА ДЕКІЛЬКОХ ОБ'ЄКТАХ РОБІТ

Богомаз В.М., Богомаз О.В., Боренко М.В., Приймак М.В.,

wbogomas@i.ua

Український державний університет науки і технологій

В умовах військових дій на території України постійних руйнувань зазнають об'єкти критичної та транспортної інфраструктури. При відновленні даних об'єктів задіяна значна кількість інженерної техніки. Як правило, одне підприємство приймає участь у відновленні декількох об'єктів. Отже, розміщення зразків техніки підприємства досить розосереджене та може постійно змінюватись.

Для ефективного виконання завдань на різних об'єктах робіт необхідно своєчасно проводити технічне обслуговування залучених зразків техніки відповідно до графіку, встановленого інструкціями з експлуатації, що в свою чергу можливо при наявності необхідних запасних частин та реманенту. Для якісного та своєчасного підвезення запасних частин використовуються транспортні засоби підприємства, які мають прибути на кожний об'єкт не пізніше встановленого графіком терміну.

Отже, нехай підприємство обслуговує техніку на відновленні n об'єктів, які поєднані наявною мережею доріг. Необхідно знайти замкнений маршрут з об'їздом усіх об'єктів за мінімальний час. При цьому час проїзду від одного пункту до іншого задано за допомогою нечітких чисел, оскільки він залежить від декількох випадкових факторів (стан дороги, погода, час доби, пора року, можливість артилерійського обстрілу, залучення безпілотних летальних апаратів, ймовірність дистанційного мінування тощо), які неможливо передбачити наперед. Виходячи з вищевказаного, для опису часу проїзду запропоновано використання трикутних нечітких чисел, для яких вказується мінімальне, максимальне та найбільш ймовірне значення.

В роботі побудована математична модель задачі планування доставки запасних частин для інженерної техніки на об'єкти робіт, яка має вигляд нечіткої задачі комівояжера. Особливістю побудованої моделі є врахування необхідного терміну підвезення на кожний об'єкт відповідно до графіку проведення технічних обслуговувань залученої інженерної техніки.

Для розв'язування чисельного прикладу такої задачі розроблено програмне забезпечення в системі аналітичних розрахунків Maple, в результаті залучення якого побудовано замкнений маршрут транспортного засобу підприємства з мінімальним часом за умови вчасного приїзду на кожен об'єкт робіт.

ПРО СТРУКТУРУ АРХІТЕКТУРНОГО РІШЕННЯ

Божуха Д.І., bozhukha_d@365.dnu.edu.uaБайбуз О.Г., baibuz_o@365.dnu.edu.ua*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*

Останнім часом зростає необхідність в масштабованих та доступних системах, основними перевагами яких є децентралізація обчислень, економія ресурсів та гнучкість масштабування. Цей попит стимулює розвиток хмарних архітектурних рішень [1]. Хмарна архітектура (ХА) стосується того, як різні компоненти хмарних технологій взаємодіють і підключаються для створення середовища хмарних обчислень [2]. ХА є проектом, який визначає найкращий спосіб стратегічного об'єднання ресурсів для створення хмарного середовища для конкретних прикладних задач. Розглянуто узагальнену архітектурну схему системи хмарних обчислень, основними структурними елементами якої є інгрес-контролери (Ingress) для управління потоками запитів, служби для організації взаємодії компонентів (Service), обчислювальні потужності (Pod) та еластичне балансування навантаження для розподілу вхідного трафіку (Application Load Balancer). Метою розроблення ПЗ конструктора архітектурних схем хмарних обчислень є створення різних варіантів звітів на основі різних сценаріїв масштабування, оптимізації ресурсів, автоматизації та балансування навантаження. Комбінування інтеграції різних підходів дозволить адаптувати структуру звітів під різні архітектури з детальним описом переваг і недоліків кожної. Основна увага приділена визначенню основних елементів та алгоритмів їх взаємодії.

Бібліографічні посилання

1. Еволюція побудови архітектур інформаційних систем. Перспективи розвитку “хмарної” архітектури / Бойко Н. І. // Вісник НУ “Львівська політехніка”. Зб. наук. праць № 832 серія: Інф. системи та мережі. – 2015. с.348-368.
2. Ivanenko, O., & Marchenko, O. (2024). A unified technique of describing the cloud infrastructure of different providers. Computer-integrated technologies: education, science, production, (54), 103-112. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-54-12>.

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙНОГО ОСЦИЛЯТОРА ЗА ЗАЛЕЖНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Бугайова А.І., nansybugaiova@gmail.com

Турчин В.М., vnturchyn@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Матеріальна точка рухається під дією пружної сили. Рівняння руху точки має вигляд

$$\ddot{x} + k^2x = 0. \quad (1)$$

Загальний розв'язок рівняння (1)

$$x = A\cos(kt - \alpha), \quad \dot{x} = -Aksin(kt - \alpha) \quad (2)$$

Параметри A і α однозначно визначають гармонічне коливання (2).

У моменти t_i , $i = 1, 2, \dots, n$, ми маємо можливість вимірювати значення x_{t_i} і \dot{x}_{t_i} , але не точно, а з похибками e_{t_i} та \dot{e}_{t_i} відповідно. Тоді, вимірюючи x_{t_i} і \dot{x}_{t_i} , в якості результату отримаємо

$$\xi_{t_i} = x_{t_i} + e_{t_i}, \quad \dot{\xi}_{t_i} = \dot{x}_{t_i} + \dot{e}_{t_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

За ξ_{t_i} , $\dot{\xi}_{t_i}$, $i = 1, 2, \dots, n$ необхідно оцінити A та α .

В [1] для параметрів A і α у припущенні, що похибки спостережень e_{t_i} , \dot{e}_{t_i} незалежні і нормально розподілені було досліджено оцінки

$$\bar{A}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{t_i}, \quad \bar{\alpha}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{t_i}, \quad \text{де}$$

$$A_{t_i} = \sqrt{x_{t_i}^2 + \frac{\dot{x}_{t_i}^2}{k^2}}, \quad \alpha_{t_i} = kt_i + \arctg\left(\frac{\dot{x}_{t_i}}{kx_{t_i}}\right) + \pi m, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad m \in Z,$$

які досить добре оцінюють параметри A , α .

Однак практика свідчить, що не завжди похибки можна вважати незалежними. Тут розглядаються оцінки \bar{A}_n і $\bar{\alpha}_n$, коли похибки не є незалежними.

Статистичне моделювання.

Залежні похибки e_{t_i} і \dot{e}_{t_i} моделюємо за допомогою процесу авторегресії першого порядку $\tilde{Z}_t = \varphi \tilde{Z}_{t-1} + a_t$, де a_t – нормально розподілені випадкові величини, параметр φ визначає ступінь зв'язку між похибками.

Нехай гармонічне коливання

$$x = A \cos(kt - \alpha), \quad \dot{x} = -A k \sin(kt - \alpha)$$

задано значеннями параметрів $A = 1$, $\alpha = \pi/2 = 1.5708$, $k = 1$.

На рис. 1 і рис. 2 зображено реалізації \bar{A}_n і $\bar{\alpha}_n$ відповідно, як функції n , $n = 10, 20, 30 \dots, 5000$, – «середні» траєкторії; «верхні» траєкторії $\zeta_{0,98;n}$ – 0,98-квантилі емпіричних розподілів \bar{A}_n (і $\bar{\alpha}_n$ відповідно), «нижні» траєкторії $\zeta_{0,02;n}$ – 0,02-квантилі. Проміжок $[\zeta_{0,02;n}; \zeta_{0,98;n}]$ можна розглядати як довірчий інтервал для \bar{A}_n (відповідно для $\bar{\alpha}_n$).

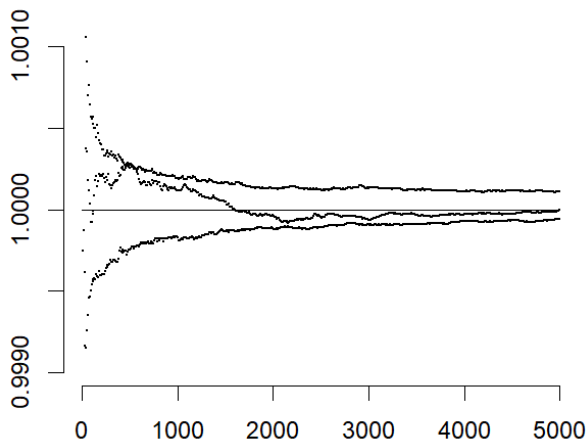


Рис. 1

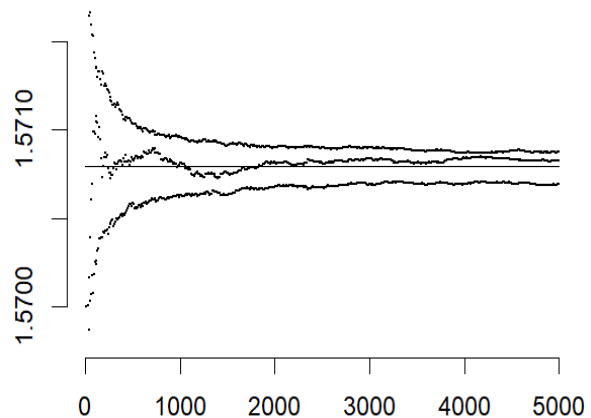


Рис. 2

Для залежних спостережень збільшується ширина довірчих інтервалів порівняно з незалежними. Скажімо при $n = 5000$ і $\varphi = 0.4$ ширина довірчих інтервалів збільшується десь у 1,71 рази.

Список літератури

1. Бугайова А. І., Турчин В. М. Оцінювання параметрів лінійного осцилятора. Open science of Ukraine. 2023. Т. 2023, № 4.
2. Турчин В. М. Теорія ймовірностей і математична статистика. Основні поняття, приклади, задачі. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2014. – 556 с.

ТРАНСФЕРНЕ НАВЧАННЯ ГЛИБИННИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Бухановський В. О., volodymyr.bukhanovskyi@nure.ua

Рябова Н. В., nataliya.ryabova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки

Глибоке навчання є популярним та потужним інструментом машинного навчання, який здатен здійснювати складні обчислення та прогнозування. Проте він має значні недоліки. Серед них варто виділити високу потребу в обчислювальних ресурсах, а також необхідність у великих обсягах якісних даних для навчання, що не завжди доступні.

Трансферне навчання, на противагу глибокому навчанню, дозволяє ефективніше використовувати вже існуючі моделі та знання, які набуті під час навчання на одній задачі, для розв'язання інших подібних задач. Цей підхід суттєво знижує потребу в значних обсягах нових даних та обчислювальних ресурсах, що необхідні для навчання моделей з нуля. Він дозволяє скоротити час і витрати, підвищує ефективність адаптації алгоритмів до нових доменів.

Виходячи з суті трансферного навчання, його можна застосовувати до безлічі предметних областей. Нами була обрана проблематика забруднення навколишнього середовища твердими відходами, такими як пластикові, пляшки та бляшані банки. Ці різновиди відходів проблематичні в утилізації, але мають потенціал до переробки, тому на них варто звернути увагу.

Для трансферного навчання все одно потрібен набір даних. Було проаналізовано декілька джерел даних, такі як Trash Annotations in Context, Trashnet, waste_pictures. Було віддано перевагу першому джерелу за достатню кількість даних, їх різноманітність та зручну анотацію. Задля вирішення поставленої задачі в роботі проаналізовано можливості

сучасних архітектур конволюційних нейронних мереж, що вже пройшли попереднє навчання, таких як VGG, ResNet, Inception та YOLOv8. Для робочого прототипу було обрано YOLOv8, яка ефективніше за інші перераховані моделі справляється із задачами класифікації об'єктів у реальному часі, має набір моделей різного розміру та включає зручний інтерфейс командного рядка, що значно спрощує трансферне навчання.

Для прототипу було обрано два класи: пластикові пляшки та бляшані банки. З п'яти доступних розмірів моделей обрано YOLOv8m – середній розмір. Навчання відбувалося 100 епох. Його результати представлені на рисунку 1.

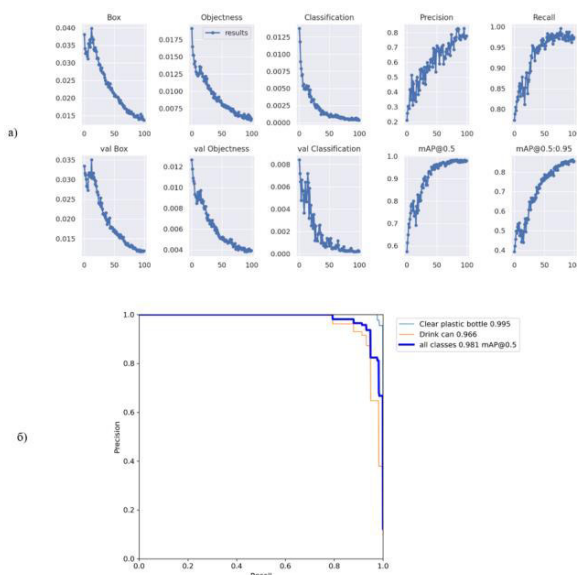


Рисунок 1 – Результати навчання YOLOv8: а) динаміка навчання моделі, б) PR-curve результатів роботи

Результати навчання показують ефективність трансферного навчання в обраному домені. Продемонстрований прототип має потенціал для покращення та розширення. Область його застосування широка: від моніторингу забрудненості вулиць міста до інтеграції в лінії переробки сміття на сміттєпереробних заводах.

ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРО МЕТОДИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Вакульчик С.О., vakylchik123@gmail.com

Байбуз О.Г., baibuz_o@fpm.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Майже будь яка галузь діяльності людини нерозривно пов'язана з процесами прийняття рішень. Люди завжди приймали рішення, ґрунтуючись на власному досвіді, інтуїції та здоровому глузді [1]. При цьому, як правило, точний шлях, що призвів до вибору рішення, сам автор описати точно не в змозі, хоча є всі підстави вважати, що він якимось чином враховував та зважував усі аспекти прийнятого рішення. Під прийняттям рішень будемо розуміти особливий процес людської діяльності, спрямований на вибір найкращого варіанта дії [2].

Для розв'язання задачі прийняття рішення використовують різні методи, такі як метод Аналітичної Ієрархії розроблений Сааті, методи голосування та інші. Так в публікації [3] автори розглядають можливість вирішення задачі прийняття рішення за допомогою використання нового підходу до задачі, її модифікації. Вони представляють статистичний критерій для прийняття/відхилення матриць попарного взаємного порівняння в аналітичному процесі ієрархії. Автори вивчали узгодженість у випадкових матрицях різного розміру і стали не згодні з традиційним критерієм прийняття матриць через його негнучкість і через те, що він є занадто обмежувальним при збільшенні розміру матриці. Незважаючи на свою популярність і використання завдяки простій, але систематичній процедурі, метод аналізу ієрархій має обмеження, особливо з точки зору числової шкали порівняння, що використовується на одному з його основних етапів: попарних порівняннях. МАІ ґрунтується на вербальному

порівнянні альтернатив/критеріїв, які потім конвертуються в кількісні бали з однозначним відображенням між вербальними порівняннями та заздалегідь визначеною числовою шкалою. Вибір числової шкали впливає на важливу характеристику парних порівнянь: узгодженість. Для того, щоб зрозуміти внутрішні властивості узгодженості, дослідження [4] оцінює найбільш широко використовувану числову шкалу парних порівнянь (Фундаментальну шкалу) та інші числові шкали, які були запропоновані з моменту початкового формулювання МАІ. Після визначення обмежень відомих шкал авторами було розроблено нову шкалу на основі рядів Фібоначчі, яка враховує ці обмеження, і проведено подальший аналіз за допомогою обширного моделювання. Результати показують, що запропонована шкала добре працює порівняно з іншими шкалами. Однак протягом останніх чотирьох десятиліть цей метод піддавався різній критиці.

Список використаних джерел:

1. Опорний конспект лекцій з дисципліни “Теорія прийняття рішень” [Електронний ресурс] URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/retrieve/52501/lek.pdf>
2. Ємел’яненко Т.Г. Основи теорії прийняття рішень: навч. посіб. / Т.Г. Ємел’яненко. – Д.: РВВ ДНУ, 2010. – 60с.
3. Alonso J. A., Lamata M. T. Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach // International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems Vol. 14, No. 04, pp. 445-459 (2006)
4. Yıldırım B. C., Karakaya G., Gönül M. S. Fibonacci Series-Based Pairwise Comparison Scale for Analytic Hierarchy Process // International Journal of Information Technology & Decision Making Vol. 20, No. 03, pp. 959-986 (2021)

ЗВ'ЯЗОК СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНИХ СХЕМ ПОСЛІДОВНОСТІ ВИВЧЕННЯ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТ ІЗ ЗАДАЧАМИ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ

Верба О.В., Турчина В.А., Мітолап А.В., ada.mitolap.02@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Освітня програма відображає структуру навчального процесу, що включає обов'язкові та вибіркові освітні компоненти та їх відповідність програмним компетентностям і програмним результатам навчання.

Однією із складових освітньої програми є структурно-логічна схема, яка наглядно представляє взаємозв'язок між послідовністю вивчення деяких освітніх компонент. Стосовно них можна встановити або безпосередню послідовність вивчення однієї освітньої компоненти за іншою, або деяке передування в часі між порядком їх вивченням. Тобто для деяких освітніх компонент можемо говорити, що вони частково-впорядковані.

Для моделювання часткового порядку використовують апарат теорії графів. Завданням ставляться у відповідність вершини графа, а дуги задають бажаний порядок слідування. Серед таких задач виділяють наступні:

- 1) по заданому графу та обмеженнях на кількість вершин, які можна одночасно обирати, побудувати такий їх розподіл, що не порушує порядок слідування, при якому відповідні дисципліни будуть розміщені на допустимих місцях із заданого діапазону і загальна кількість місць буде мінімальна;
- 2) по заданій кількості місць та заданому графу побудувати розклад, в якому в кожен фіксований момент обирається задана обмежена кількість дисциплін з урахуванням їх допустимих місць.

У другій задачі, якщо мати на увазі навчальні плани, задана кількість місць може відповідати або кількості семестрів, або одному окремому

обраному семестру. Тоді оптимальний розподіл дисциплін на обраному часовому проміжку і буде відповідати побудованому розкладу.

Слід зазначити, що для деяких освітніх компонент циклу загальної підготовки строго визначені не лише семестри, в яких вони викладаються, а й певний обсяг аудиторного навантаження. Крім того, освітні компоненти вибіркового циклу також певним чином регламентовані.

Якщо представити освітні компоненти структурно-логічної схеми як вершини графа, а порядок слідування певних компонент, який є обов'язковим, відповідними дугами, то задачу розподілу освітніх компонент по семестрах можна інтерпретувати як оптимізаційну задачу на графах з певними обмеженнями. На рисунку 1 наведено відповідний граф для структурно-логічної схеми освітньої програми Системний аналіз (в дужках наводиться кількість семестрів).

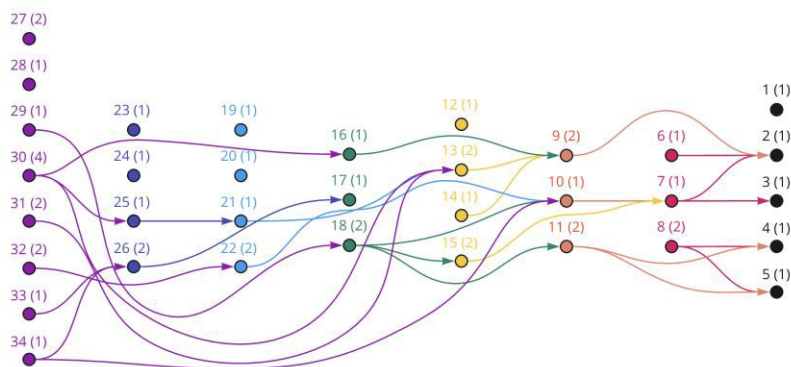


Рисунок 1 – Орієнтований граф для структурно-логічної схеми

У випадку, коли освітня компонента викладається лише один семестр створення базової основи навчального плану є більш простою задачею. У випадку викладання освітньої компоненти більше ніж в одному семестрі, виникають додаткові фактори, які потрібно враховувати на основі допоміжного аналізу, що базується на схемах направленої перебору.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ СУДИН СІТКІВКИ

Вербенко Є. В., roman.bryzhatiy@gmail.com

Мацуга О. М., olga.matsuga@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Сегментація судин на зображеннях сітківки відіграє важливу роль у діагностиці захворювань очей. Виявлення та аналіз найдрібніших судин дозволяє діагностувати такі хвороби, як діабетична ретинопатія та гіпертонія, на ранніх стадіях, що є критично важливим для запобігання серйозним ускладненням.

Передовим підходом до розв'язання цієї задачі стало глибоке навчання. Першою мережею, що показала відмінні результати порівняно з класичними алгоритмами, стала U-Net [1] з архітектурою енкодер-декодер. Подальші дослідження були спрямовані на модифікацію цієї архітектури для покращення результатів сегментації. Так, було розроблено мінімалістичну W-Net [2], яка складається з двох невеликих мереж U-Net, та більш складну Modified U-shaped network (MU-net) [3], що використовує багатомасштабні згортки та механізми уваги.

У роботі проведено навчання та тестування зазначених мереж на наборі даних DRIVE, що містить 40 розмічених зображень (20 для тренування та 20 для тестування).

Під час передоброби з кожного кольорового зображення було виокремлено і використано зелений канал G, який має найкращий контраст. До зображень з одного каналу G застосовувалися методи CLAHE та гамма-корекції для покращення контрастності. Щоб запобігти перенавчанню моделей, вхідний набір зображень розширювався за допомогою ампліфікації [4] (розбиття зображень на невеликі патчі) та аугментації (повороти і відображення зображень по вертикалі й горизонталі).

Усі мережі тренувались з оптимізатором Adam зі швидкістю навчання 0.001 та з використанням ранньої запинки. Як функцію втрат для U-Net та W-Net було використано Dice, яка на практиці показала кращі результати, ніж бінарна крос-ентропія, тоді як для MU-Net застосовано комбінацію обох зазначених функцій втрат.

Оцінка якості натренованих моделей проводилася наступним чином: зображення з тестового набору даних розбивалися на патчі, сегментувалися мережею та збиралися у вихідне зображення. Отриманий результат порівнювали з мітками вхідних зображень за метриками Precision, Recall, Dice, MCC (Matthew`s correlation coefficient) та AUC.

Результати експериментів показали, що моделі досягають кращих показників на патчах розміром 256×256 порівняно з 128×128 (на прикладі W-Net). Для мереж U-Net та MU-Net оптимальними за умови використання ампліфікації та аугментації виявилися параметри: кількість змін роздільної здатності – 4 і 3 та кількість фільтрів на першому шарі – 32 і 64 відповідно. Найкращою за метриками якості була мережа W-Net (Dice = 0.8367, MCC = 0.8227), а далі йдуть U-Net (Dice = 0.8367, MCC = 0.8216) і MU-Net (Dice = 0.8312, MCC = 0.8155), хоча відмінності між результатами незначні.

Список використаної літератури

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, Part III*. 2015. Vol. 9351. P. 234–241.
2. Galdran A., Anjos A., Dolz J., Chakor H., Lombaert H., Ayed I. B. State-of-the-art retinal vessel segmentation with minimalistic models / *Scientific Reports*. 2022, 12, 6174. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09675-y>
3. He X., Wang T., Yang W. Research on Retinal Vessel Segmentation Algorithm Based on a Modified U-Shaped Network. *Applied Sciences*. 2024, 14(1), 465. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14010465>
4. Li Z., Jia M., Yang X., Xu M. Blood Vessel Segmentation of Retinal Image Based on Dense-U-Net Network. *Micromachines*. 2021, 12(12), 1478. DOI: <https://doi.org/10.3390/mi12121478>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДКІВ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОСТОЇВ У ЗАДАЧІ ДЖОНСОНА

Веселовська А.С., veselovskaaanastasia03@gmail.com, **Турчина В.А.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

При моделюванні виробничих процесів виникає необхідність застосування алгоритму, який дозволяє ефективно аналізувати та обробляти дані про функціонування станків або машин. У рамках цієї задачі досліджується оптимізація розподілу завдань на машинах, де простої кожного ресурсу повинні виникати лише перед початком його роботи.

Алгоритм, передбачає аналіз часу простоїв для кожного ресурсу, визначення загального часу роботи машин, а також підсумкової тривалості виконання всіх завдань з урахуванням простоїв. Для вирішення поставленої задачі звернемося до класичної задачі Джонсона [1].

Задача Джонсона є класичною задачею теорії розкладів, яка полягає у визначенні оптимального порядку виконання скінченної множини завдань на обмеженій кількості машин, причому послідовність цього виконання на кожною машиною є однаковою. Обов'язковою умовою є те, що обробка на наступній машині може розпочатися лише після завершення операцій на попередньому. Основною метою є мінімізація загального часу завершення всіх операцій. Розв'язання цієї задачі дозволяє суттєво підвищити ефективність виробничих процесів, скоротити час простоїв та оптимізувати використання машин.

В загальній постановці ця задача є NP-важкою і точні алгоритми поліноміальної складності відомі лише для деяких часткових випадків. Один із них стосується випадку для трьох машин, коли для початкових даних виконуються певні співвідношення при яких задача може бути зведена до випадку двох машин.

Позначимо через t_{ij} – час виконання j -ої роботи на i -ій машині ($j = \overline{1, n}$; $i = \overline{1, m}$). Мінімальний час завершення всіх робіт визначається

за часом завершення робіт на останній, m -ій машині. Цей час складається з сумарного часу простоїв m -ої машини та величини $\sum_{j=1}^n t_{mj}$.

Дослідимо ще один спеціальний випадок для $m = 3$. Очевидно, що простої виникають на початку обробки на третій машині, оскільки хоча б одна робота повинна бути виконана на першій та другій машині, перш ніж її можна буде обробити на третій. Задача полягає в тому, щоб визначити умови, при яких простої будуть виникати лише перед початком роботи третьої машини. Також слід провести аналогічний аналіз для другої машини: визначити умови, за яких простої виникатимуть лише перед початком його роботи, що залежить від співвідношення часів виконання на першій та другій машині.

Твердження 1. У задачі Джонсона для трьох машин простої на другій та третій машині виникають лише перед початком їх роботи при виконанні таких умов:

$$\min t_{3j} \geq \max t_{2j}; \tag{1}$$

$$t_{2j} > t_{1j+1}, \tag{2}$$

де $j = 1, 2, \dots, n$;

$$t_{2k} > t_{1k-1}, \tag{3}$$

де $k = n, n - 1, \dots, 2$.

Базуючись на умовах твердження, запропоновано алгоритм побудови оптимального порядку виконання завдань, при якому простої будуть лише перед початком роботи другої та третьої машини.

Перелік використаних джерел

1. Johnson S. M. Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. *Naval research logistics quarterly*. 1954. Vol. 1, no. 1. P. 61–68. URL: <https://doi.org/10.1002/nav.3800010110> (date of access: 08.10.2024).

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЗАХИЩЕНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ГОЛОСУВАНЬ

Волошанівський В. Р., vitalii.voloshanivskyi.mitis.2023@lpnu.ua

Басюк Т. М., taras.m.basyuk@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

Станом на 2024 рік питання електронного голосування набуває все більшої актуальності як у світі, так і в Україні. В умовах стрімкого розвитку цифрових технологій виникає необхідність модернізації демократичних процесів для забезпечення більшої гнучкості, ефективності та доступності виборчих процедур. Електронне голосування має потенціал для значного спрощення організації виборів, зменшення залежності від традиційних паперових систем та скорочення витрат на проведення виборчих кампаній.

На фоні пандемії COVID-19, яка підкреслила важливість дистанційних рішень у різних сферах життя, електронне волевиявлення стало особливо актуальним [1]. Традиційні методи голосування у виборчих дільницях можуть наражати виборців на ризик для здоров'я через масові скупчення людей. Відтак електронне голосування надає можливість безпечного вибору без фізичної присутності на дільниці, що також важливо в умовах сучасного суспільства, яке постійно стикається з новими викликами, такими як пандемії, стихійні лиха чи воєнні конфлікти.

Мета дослідження полягає у створенні інформаційної системи, яка забезпечує проведення захищених електронних голосувань та гарантує достовірність результатів [2]. Актуальність розробки такої системи стає особливо очевидною в контексті глобальної діджиталізації та зростаючої потреби у дистанційних рішеннях для демократичних процесів. Це пояснюється необхідністю забезпечити право голосу кожному громадянину, незалежно від його місцезнаходження чи обставин.

На початковому етапі розробки було застосовано об'єктно-орієнтований підхід для проектування архітектури системи. Ключові

функціональні можливості та взаємодії користувачів із системою візуалізовано за допомогою діаграми варіантів використання (рис. 1).

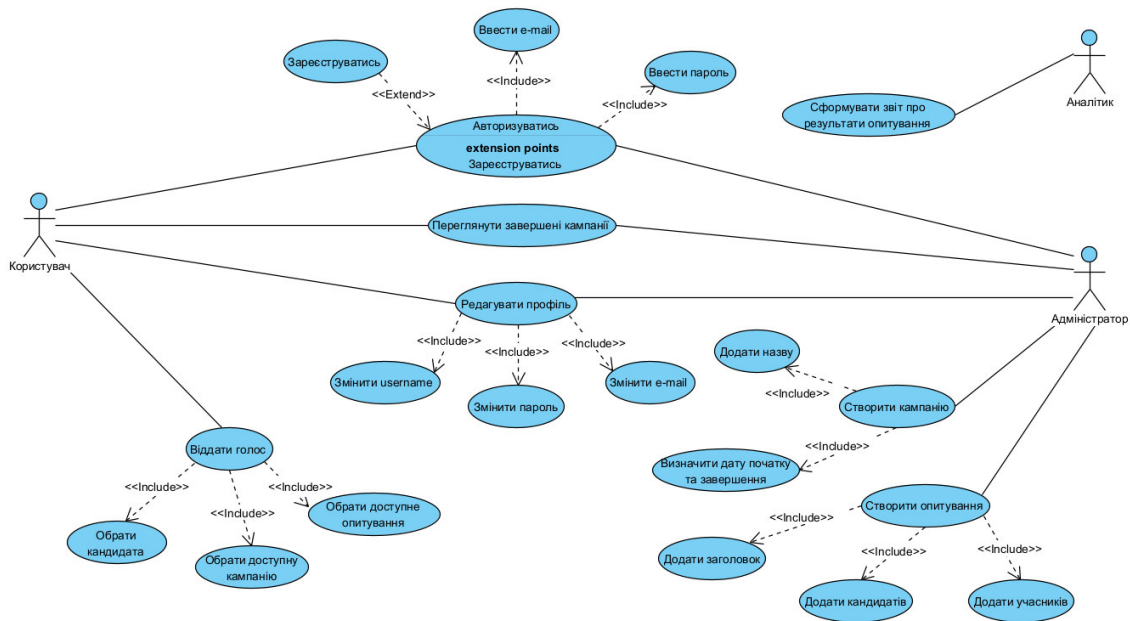


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

Отже, впровадження даної системи може значно підвищити доступність виборчого процесу, особливо для громадян з обмеженою мобільністю, тих, хто проживає за кордоном, або в умовах надзвичайних ситуацій, таких як пандемії чи стихійні лиха. Крім того, така система може суттєво знизити витрати на організацію виборів, прискорити процес підрахунку голосів та мінімізувати ризики людських помилок, що в кінцевому підсумку сприятиме підвищенню довіри до демократичних інститутів та збільшенню участі громадян у політичному житті країни.

Список використаних джерел

1. Why the pandemic may pave the way for online voting [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://apolitical.co/solution-articles/en/why-the-pandemic-may-pave-the-way-for-online-voting>
2. The security of electronic voting: vulnerabilities and solutions [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.inria.fr/en/security-electronic-voting-digital-security-confidentiality>

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Гарнага Д.А., garnagad1ma3@gmail.com
Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В сучасному світі кількість автомобільних моделей та їх модифікацій постійно зростає, що ускладнює процес вибору для споживачів. Завдяки технологіям штучного інтелекту та аналізу даних, цей процес можна автоматизувати, забезпечуючи точніші та швидші рішення. Система автоматичного вибору автомобіля розроблена з метою спрощення вибору автомобіля відповідно до індивідуальних потреб користувача. Вона працює на основі експертної системи, що використовує методи нечіткої логіки для обробки різних критеріїв вибору.

Система включає інтерфейс користувача, який дозволяє вводити початкові критерії, такі як бюджет, тип палива, потужність і комфорт; механізм виведення, що обробляє дані на основі введених параметрів та надає список рекомендованих автомобілів з рейтингом відповідності та блок ухвалення рішень, який допомагає користувачеві зробити остаточний вибір автомобіля на основі аналізу введених даних.

Використання нечіткої логіки дозволило більш точно обробляти неструктуровані критерії, такі як комфорт або економічність. Інтеграція бази знань дозволяє системі враховувати не лише поточні характеристики автомобілів, але й оновлювати інформацію в міру появи нових моделей. Алгоритм Мамдані продемонстрував високу точність при визначенні найбільш відповідних автомобілів для різних категорій користувачів.

Система автоматичного вибору автомобіля може бути використана як інструмент для персоналізації процесу вибору, зменшуючи час і зусилля, необхідні для аналізу ринку автомобілів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У КОНТЕКСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Годлюк В.В., goodiniv@ukr.net

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Цифрові платформи (ЦП) стикнулися з проблемою пошуку балансу між складністю обчислювальних завдань, швидкістю обробки даних і ресурсними обмеженнями. Інтелектуальні системи (ІС) (штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), великі обчислювальні мережі), є основним драйвером розвитку ЦП, але із їх удосконаленням виникли складнощі, що обмежують їх ефективність.

В зв'язку із збільшення потоків та об'ємів інформації, уповільнюється швидкість обробки ІС, що може спричинити затримки в роботі ШІ та МН, що в свою чергу знизить продуктивність та точність результатів. В сучасних умовах ЦП повинні вміти розподіляти навантаження між різними компонентами системи, бути надійними та стійкими до збоїв, добре захищеними в аспекті кібербезпеки та мати можливість до масштабування.

Математичні моделі (ММ) є важливим інструментом для підвищення ефективності та продуктивності ЦП, завдяки їм відбувається оптимізація ресурсів та навантажень, прогнозування поведінки систем, оптимізація процесів у реальному, масштабованість.

Серед основних математичних підходів, що використовуються для моделювання роботи ЦП, виділимо теорію графів, мережеві моделі та оптимізаційні задачі.

Для оптимізації роботи ЦП використовуються алгоритми на основі симуляцій, алгоритми оптимізації, методи МН, паралельні та розподілені обчислення (використовують алгоритм MapReduce [1]).

ШІ та МН, активно використовуються для автоматизації процесів на ЦП, завдяки їм оптимізуються бізнес-процеси, підвищується ефективність, покращується користувацький досвід та зменшуються витрати.

Приклади застосування ММ у ЦП:

Google використовує алгоритми на основі теорії графів для оптимізації своїх обчислювальних мереж. Найвідоміший приклад - алгоритм PageRank [2] визначає важливість веб-сторінок, використовуючи матриці для оцінки зв'язків між ними.

Amazon Web Services (AWS) [3] використовує ММ для розрахунку оптимального розподілу навантаження на своїх серверах, що дає можливість автоматично масштабувати ресурси в залежності від попиту, що забезпечує високу доступність та ефективність.

Apache Hadoop використовує моделі MapReduce для розподілу обробки великих обсягів даних між багатьма серверами. Це дозволяє паралельно виконувати обчислення, що значно прискорює аналіз даних.

Використання ММ в обчислювальних мережах, системах розподілу даних і ЦП для аналізу великих даних є важливим інструментом для забезпечення ефективності та продуктивності. Сучасні ЦП постійно розвиваються, впроваджуючи нові ММ для вирішення складних задач у реальному часі.

Список використаної літератури:

1. Mutharaju, Raghava, Frederick Maier, and Pascal Hitzler. "A MapReduce Algorithm for EL." 23rd International Workshop on Description Logics DL2010, 2010.
2. Rogers, Ian. "The Google Pagerank algorithm and how it works.", 2002.
3. Wittig, Andreas, and Michael Wittig. Amazon Web Services in Action: An in-depth guide to AWS. Simon and Schuster, 2023.

ОПЕРАЦІЙНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ**Горбачук В.М., Ніколенко Д.І., Ніколенко Я.Д. GorbachukVasyl@netscape.net***Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

У новому тисячолітті операційний менеджмент та інформаційні системи (ОМ/ІС), обробляючи дані (принаймні комерційні) масових користувачів Інтернету, персональних комп'ютерів, мобільних телефонів, смартфонів тощо, звертаються до наукових теорій, присвячених взаємодіям серед багатьох осіб, зокрема теорії мереж, теорії ігор, теорії черг та інших [1]. Сферою ОМ є створення товарів і послуг від проектування до доставки клієнтам. Зважаючи на складність відповідних проблем сфери ОМ, ОМ зосереджувався на аналізі роботи фізичної системи (наприклад, системи масового обслуговування (МО) чи системи запасів) з погляду теорії прийняття рішень. У цій теорії припускається існування єдиної особи, яка приймає рішення, представляючи інформаційну множину та повноваження виробляти рішення від імені системи в цілому. Тоді оптимізація відбувається у природних умовах, які вважаються випадковими і незалежними від стратегій інших учасників системи. У сучасному інформаційному середовищі слід враховувати динаміку взаємодій між фізичними та юридичними особами. Прикладом сучасного ОМ є менеджмент ланцюгами поставок (МЛП), де різні фірми, залучені до надання товарів і послуг кінцевим клієнтам, можуть координувати свою діяльність, поліпшувати ефективність, досягати спільні цілі тощо. Конкретні питання досліджень МЛП включають проектування системи вимірювання продуктивності для різних підрозділів і фірм, які можуть мати потенційні суперечливі стимули, проектування контракту постачання між членами ЛП в умовах асиметричної інформації.

ІС менше порівняно з ОМ вивчають взаємодії різних осіб, але приділяють більше уваги даним, процесам, програмному й апаратному забезпеченню, які використовуються для збору, обробки й аналізу інформації [2]. Конкретні питання досліджень ІС включають укладання

контрактів на розробку програмного забезпечення в умовах асиметричної інформації, ціноутворення в децентралізованій мережі зв'язку.

Отже, заслуговують уваги дослідження ОМ/ІС із застосуванням теорії ігор, зосереджуючись на таких питаннях: конкуренція на основі часу, пріоритетне ціноутворення для систем МО, виробничі та маркетингові стимули, стимули для обміну інформацією в ЛП, викривлення та виправлення у горизонтальному ЛП. В аналізі МЛП застосовується теорія ігор, зокрема варіант конкуренції Бертрана за обмеженої спроможності Еджворта. У ціновій конкуренції Еджворта–Бертрана чутливість ринку до часу доставки виражається незадоволеним попитом, що переходить до фірми, яка пропонує другу найнижчу ціну (подібно до аукціону Вікрі). Вибір потужності виробництва є стратегічним: фірма з більшою потужністю стягуватиме вищу ціну і діставатиме вищий прибуток. Для вивчення стратегічної взаємодії серед чутливих до часу споживачів і конкурентних фірм використовувалися моделі МО, які вбудовувалися в моделі теорії ігор: системи МО зображують взаємозв'язки серед рішень споживачів, рішень фірм і продуктивністю доставки, позаяк моделі теорії ігор окреслюють стимули та поведінку споживачів і фірм.

Загальна модель конкуренції на основі часу і конкретні випадки дуополії з однорідними клієнтами та конкурентної рівноваги характеризують спроможності фірм щодо доставки продуктів до клієнтів.

Список використаних джерел

1. Chikrii A., Denisova N., Gorbachuk V., Gromaszek K., Krivonos Y., Lytvynenko V., Matychyn I., Osypenko V., Smailova S., Wojcik W. *Current problems in information and computational technologies*. V. 2. W. Wojcik, J. Sikora (eds.) Lublin: Politechnika Lubelska, 2012. 196 p.
2. Горбачук В.М., Кривонос Ю.Г. Особенности регрессионного анализа временных рядов. *Комп'ютерна математика*. 2012. № 2. С. 52–61.

ЧАТ-БОТ ДЛЯ КЛІЄНТІВ ЦЕНТРУ ПРОКАТУ КАЯКІВ

Горшков Я. С., Книш Л. І.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Зростання попиту на оренду каяків та збільшення кількості клієнтів центру прокату вимагає автоматизації процесів обробки замовлень. Забезпечення ефективного та швидкого обслуговування клієнтів є ключовим фактором для успішної діяльності центру. Чат-бот може стати важливим інструментом для спрощення цього процесу.

Основною метою даної роботи є розробка чат-бота, інтегрованого з месенджером Telegram, для клієнтів центру прокату каяків "kayak.dp.ua". Такий бот дозволить автоматизувати прийом замовлень, обробку платежів, а також збиратиме необхідну інформацію про клієнтів, що спростить роботу менеджерів та зменшить навантаження на персонал.

Чат-бот виконуватиме такі основні функції: прийом замовлень у режимі реального часу, розрахунок вартості прокату для різних категорій клієнтів (враховуючи спеціальні знижки або акції), надання навігаційних інструментів для пошуку місць прокату та маршрутів для каякінгу.

Для реалізації цього проекту було обрано Telegram, оскільки це один із найпоширеніших месенджерів, що забезпечує зручність використання та швидкий доступ до послуг. Чат-бот має також функцію інтеграції з платіжними системами для спрощення процесу оплати послуг.

Як очікується, впровадження чат-бота значно покращить якість обслуговування клієнтів, зменшить кількість ручної роботи для персоналу та сприятиме зростанню кількості постійних клієнтів.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ

Гук К.Г., huk@365.dnu.edu.ua,

Шевельова А.Є. shevelova_a@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Підвищена увага до якості повітря у приміщеннях викликана масштабним промисловим забрудненням повітря, лісовими пожежами та іншими екологічними катастрофами, поширенням вірусних хвороб, зокрема пандемією COVID-19. Тому актуальною є розробка та застосування моделей для прогнозування рівнів забруднюючих речовин в приміщенні на основі даних спостережень за параметрами повітря. Останнім часом багато досліджень присвячується застосуванню штучних нейронних мереж (ШНМ) для прогнозування параметрів повітря.

Традиційні підходи до прогнозування параметрів повітря в приміщенні із застосуванням математичного, імітаційного моделювання, або нейронечітких технологій важко застосовувати, оскільки збирання інформації про стан повітря у приміщенні є складним завданням, взаємозв'язок між окремими параметрами не є очевидним, важко врахувати вплив характеристик самого приміщення на якість повітря, експертні оцінки можуть бути суперечливими, неточними, та важко впроваджуваними для формулювання технічних завдань. Окрім того, процеси, що мають нелінійний характер або складну динаміку, важко моделювати за допомогою традиційних регуляторів.

В роботі пропонується поєднання елементів нечіткої логіки та нейромережевого підходу до прогнозування концентрації вуглекислого газу (CO_2) у приміщенні та подальшого управління системою вентиляції в залежності від показників CO_2 .

Визначено чинники, які впливають на рівень CO_2 , зокрема кількість людей, тривалість перебування людей у приміщенні, тип та якість

вентиляційної системи, повітрообмін, площа і об'єм приміщення тощо. Аналіз чинників показав, що параметри процесу мають різноманітний характер та взаємодіють між собою складним чином, не всі з них описуються кількісними значеннями, тому застосування комплексного підходу з використанням нечіткої логіки на основі експертних висновків та результатів обробки експериментальних даних є доречним.

На етапі розроблення моделі на основі експертних оцінок було визначено лінгвістичні змінні, для кожної з них обрано терм-множини, побудовано функції належності. При формуванні терм-множин враховано розрахункові значення параметрів згідно з нормативними показниками. Побудовано систему транзитивних продукційних правил, яка дозволяє отримувати висновки на основі неявних зв'язків між змінними через транзитивні відношення. Наведені правила дозволяють визначити рівень вмісту CO₂ та сформувані керувальний вплив на систему вентиляції. За допомогою системи правил, що визначають вміст CO₂, сформовано таблицю залежностей вихідного параметру від вхідних даних. Отримані числові дані дозволили побудувати математичну модель у вигляді багатофакторного лінійного полінома із застосуванням регресійного аналізу. Для визначення коефіцієнтів рівняння регресії застосовано метод найменших квадратів. Для навчання нейронної мережі використовується алгоритм градієнтного спуску, а ваги зв'язків, що поєднують нейрони, відповідають коефіцієнтам регресії після навчання моделі.

За результатами обчислювального експерименту здійснено порівняння результатів моделювання зі статистичними даними через визначення коефіцієнту детермінації та із застосуванням F-критерію Фішера. Зроблено висновок про адекватність побудованої регресійної моделі.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВЕБ-САЙТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧІВ

Гук Н.А. huk_n@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Пошук релевантної інформації у мережі Інтернет здійснюється користувачами постійно, тому інформація про їх поведінку та дії може стати корисною для покращення вебресурсів. Аналіз поведінки користувачів на сайті дозволяє дізнатися про зручність користування та причини незадоволення, виміряти ефективність рекламних кампаній, покращити перехресний маркетинг, спрогнозувати вподобання певного користувача тощо. А результати такого аналізу дозволяють адаптувати сайти під певні потреби користувачів, здійснити персоналізацію пошуку, запровадити систему рекомендацій та взагалі сприяти просуванню сайту у пошуковій видачі.

Зрозуміло побудований вебресурс має певну структуру, схожі за тематикою сторінки утворюють групи семантично близьких сторінок, об'єднання яких покриває вебсайт. Під час навігації по вебсайту користувачі мають певні інтереси, що відображається в їх інформаційних запитах, та обирають для перегляду сторінки схожої тематики. За їх пересуванням та переглядами утворюються динамічні дані про маршрути користувачів, аналіз яких дозволить визначити групи семантично близьких сторінок, проаналізувати структуру вебресурсу, виділити патерни поведінки певних груп користувачів. А результати такого аналізу можуть бути застосовані під час виконання процедур реінжинірингу з метою покращення веб-ресурсу. Взагалі дослідження та порівняння структур веб-ресурсів є актуальним та широко застосовується для покращення зрозумілості розташування сторінок та навігації сайтом для користувачів, для побудови пошукових систем, під час пошуку сайтів дублікатів.

В роботі пропонується зобразити гіпертекстову модель вебсайту у вигляді орієнтованого графу, вершинам якого поставлено у відповідність сторінки вебсайту, а ребрам – гіперпосилання між сторінками.

Спостерігаючи за поведінкою користувачів сайту, можна фіксувати їхні маршрути та враховувати цю інформацію для аналізу. При пересуванні сайтом користувач може здійснювати переходи двох типів – перехід шляхом введення URL в адресний рядок браузера (INPUT) або перехід (CLICK) на сторінку за посиланням з поточної сторінки. При цьому кожен маршрут P_k користувача в рамках однієї сесії можна зобразити у вигляді підграфа. Вага кожного ребра $e(v_i, v_j)$ у підграфі відповідає кількості переходів між HTML-сторінками v_i, v_j в рамках маршруту P_k . Отримані підграфи об'єднуються, утворюючи орієнтований зважений граф переходів, у якому вага ребра обчислюється як сума ваг ребер між парами вершин v_i, v_j з кожного підграфа. Задачу семантичної кластеризації гіпертекстової структури зведено до задачі кластеризації відповідного графу: $f_{sem}(G, R): V \rightarrow Y, R = \{G_i\}$, де G_i – маршрути користувачів гіпертекстової структури.

Для виявлення кластерів застосовано метод випадкових переходів (Random Walks), процедура якого складається з запуску симуляцій випадкових переходів з різних вузлів та визначення ймовірностей переходу між вузлами, що належать до одного кластера.

Обчислювальний експеримент проведено для сайтів різної спрямованості, зокрема сайтів закладів освіти, інтернет-магазинів, сайтів новин. Для оцінки якості розбиття на кластери застосовано метрику без еталонного розбиття Dunn Index, яка визначає відношення мінімальної відстані між кластерами до максимальної внутрішньої відстані в кластері. Вищі значення метрики отримали сайти новин та інтернет-магазини.

РОЗРОБКА СИСТЕМ ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ

Гук Н.А. huk_n@365.dnu.edu.ua,

Мударісова Д.О., darinatretyakowa@gmail.com,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

В сучасній освіті важливе значення має автоматизація процесів навчання, особливо в контексті контролю знань. Наявні системи тестування обмежені оцінюванням на основі кількості правильних відповідей та не враховують індивідуальні особливості учнів, зокрема темп навчання та рівень підготовки учня. Удосконалення систем тестування через впровадження адаптивних методів, що спираються на застосування нечіткої логіки, є актуальним, оскільки дозволить забезпечити більш точне та індивідуально орієнтоване оцінювання.

Сучасна теорія тестування спирається на роботи психологів ХХ століття – Ф. Гальтона та Ч. Спірмена, і охоплює стандартизовані завдання для оцінки знань або здібностей у різних сферах. Тести знань перевіряють засвоєння програми, тоді як тести здібностей оцінюють потенціал і готовність до подальшого навчання. Тести поділяються на кілька типів за різними критеріями: стандартність, спрямованість, тип дій (вербальні чи невербальні), орієнтація (швидкість або результативність) і структура завдань (гомогенні або гетерогенні). Хоча тести дають змогу оцінити загальний рівень знань, для реалізації індивідуального підходу краще застосовувати адаптивні моделі тестування. Такі моделі дозволяють врахувати різний рівень підготовки студентів і індивідуальні цілі навчання. Основні напрями досліджень у сфері комп'ютерного тестування стосуються дистанційного тестування, удосконалення банків завдань, інтерпретації результатів і впровадження тестування в навчанні іноземних мов. Незважаючи на популярність та широке застосування у різних сферах, комп'ютерне тестування стикається з проблемами відсутності стандартів та недостатньою надійністю тестів [1]. Тим не менш, комп'ютерне тестування має переваги над традиційними методами, особливо у

зручності обробки масових іспитів, забезпеченні інформаційної безпеки, швидкості оцінювання, інтерактивності, а також розширених можливостях контролю й корекції знань [2].

Роботу присвячено розробці системи адаптивного тестування з метою підвищення ефективності оцінювання через індивідуальний підбір завдань в залежності від рівня знань учня. Для реалізації запропонованого підходу будується модель учня, модель представлення знань про предметну галузь та модель оцінювання. Модель учня та модель оцінювання ґрунтуються на нечіткій логіці, за побудованими правилами здійснюється визначення рівня впевненості учня, рівня складності завдань, відстежуються час надання відповіді, оцінюється точність відповіді. Модель представлення знань зображується у вигляді графа, вершинами якого є тематичні одиниці дисципліни, а ребра дозволяють встановити зв'язки між тематичними одиницями та визначити послідовність вивчення тем. Реалізується багатокрокова стратегія з індивідуальною траєкторією проходження завдань. На початку кожного етапу встановлюються навчальні цілі і розробляється план навчання, а по завершенні етапу проводиться аналіз досягнутих результатів та коригуються параметри моделі учня.

Розроблений підхід дозволяє підбирати індивідуальний рівень складності завдань в режимі реального часу на основі правильних і частково правильних відповідей, а також враховує особливості поведінки учня. Перевагою розробленої системи є адаптивність, підвищення точності оцінювання, мотивація учнів покращувати рівень знань.

Список використаних джерел

1. Ding, Z. et al. (2021). "Artificial Intelligence in Education: Methods, Applications, and Ethical Challenges". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31(4), 457-476
2. Troussas, C., Krouska, A., Sgouropoulou, C., & Voyiatzis, I. (2020). Ensemble learning using fuzzy weights to improve learning style identification for adapted instructional routines. *Entropy*, 22(7), 735.

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДАНИХ С-БАЗИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОКАЗНИКІВ ХЕРСТА ТА РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ

Гулівець М. О., gulivets.m@gmail.com
Зайцев В. Г., vadym.zaytsev65@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Дослідження даних електроенцефалограм (ЕЕГ) пацієнтів до епілептичних нападів (преіктальний період, перед нападом, характеризується появою помітних відхилень від нормальної активності), є важливою складовою для покращення діагностики та лікування епілепсії [1]. Актуальність роботи полягає у необхідності створення підходів з методів аналізу таких сигналів, що дозволяють забезпечити швидкий та точний прогноз майбутнього приступу пацієнта. У роботі увага приділена розрахункам показників Joint Recurrence Quantitative Analysis (JRQA) рекурентних діаграм та показника Херста (Hurst Exponent). JRQA аналіз дає змогу виявити значення, що характерні патернам активності мозку для оцінки складності та повторюваності сигналів, а інший показник дозволяє визначити, чи є сигнал трендовим або випадковим. Проблема полягає у тому як їх поєднати. Потрібно зазначити, що їх використання розглядалося у роботах [1,2].

У якості даних використовувалося С-база інформації Боннського медичного університету, яка була представлена у вигляді 100 файлів даних, що зняті у пацієнтів перед нападом.

В даній роботі була застосована кластеризація до сигналів, що отримувались після обробки інформації ЕЕГ: отримання показників JRQA аналізу та Херста. Застосовувався метод k-means для кластеризації сигналів, а метод "лікоть" використовувався для визначення оптимальної кількості кластерів. Проведена обробка 100 сигналів для нормалізації та подальшого аналізу, здійснено побудову рекурентних діаграм для кожного сигналу, що дозволило виявити різноманітні характеристики поведінки

сигналів у фазовому просторі. Використання кластеризації дозволило виявити приховані групи в сигналах, що може вказувати на різні підтипи епілептичних нападів, інші закономірності в поведінці сигналів.

Для вдосконалення запропонованого підходу, оброблена інформація надана на кафедрі неврології Дніпровського державного медичного університету, д.м.н., професору Погорєлову О. В. для подальшого обговорення та висновків фахівців.

Бібліографічні посилання:

1. Torse Dattaprasad, Veena Desai, Rajashri Khanai. "Classification of Epileptic Seizures using Recurrence Plots and Machine Learning Techniques". <https://www.researchgate.net/publication/332675878>.
2. Білозьоров В.Є. Використання методу нелінійного рекурентного аналізу до типізації даних часових рядів електроенцефалографії//В.Є. Білозьоров, В.Г. Зайцев, О.В. Погорєлов, О.Л. Хижа. Системні технології. Регіон. міжвуз. збір. наук. праць. - Д.: - вип. 2 (145), 2023. - С. 82-104.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Дзюба С.В., sergejdzuba@gmail.com

Придніпровський науковий центр НАН України і МОН України

Коряшкіна Л.С.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» МОН України

Сучасні дослідження щодо обґрунтованого розподілу та оптимального регулювання потоків матеріальних ресурсів на промислових підприємствах гірничо-металургійної галузі в умовах обмежень, що пов'язанні з виникненням техногенних ситуацій, потребують інноваційних підходів з урахуванням рішень на основі методів теорії неперервних задач оптимального покриття множини та комбінаторної оптимізації. Актуальність вирішення завдань оптимального розподілу потоків матеріальних ресурсів обумовлена необхідністю завчасної розробки комплексу запобіжних заходів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, техногенних аварій або стихійних лих, особливо під час дії воєнного стану в Україні.

Математичні постановки та методи розв'язання задач оптимізації способів та засобів розподілу матеріальних ресурсів в рамках функціонування промислових підприємств дозволяють керівництву в залежності від різних сценаріїв надзвичайних ситуацій визначити необхідний час для проведення першочергових кроків з метою мінімізації втрат під час ліквідації наслідків техногенних аварій. Важливими питаннями щодо матеріально-технічного забезпечення процесу перерозподілу потоків матеріальних ресурсів залишаються визначення раціональної кількості територіально розподілених складів, забезпечення їх підготовленою інфраструктурою, спеціальною технікою, обладнанням й засобами забезпечення сталого функціонування гірничо-збагачувальних комбінатів. Розробка і обґрунтування теоретичних та методологічних засад створення і застосування інформаційних технологій для оптимального

територіального розміщення елементів логістичних систем у контексті формування та розподілу матеріальних потоків є важливою науково-практичною задачею, вирішення якою сприятиме підвищенню техногенної безпеки промислових підприємств та критично важливої інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій, забезпечуючи сталий розвиток промислових регіонів України [1,2].

Для знаходження оптимального територіального розміщення логістичних центрів у процесах перерозподілу матеріальних ресурсів розглянемо постановку задачі у наступному вигляді [3,4]. Нехай Ω – обмежена територія, $\tau_i \in \Omega$, $i = 1, 2, \dots, N$, – деякі точки, які називаються логістичними центрами (можуть бути фіксованими або їх потрібно визначити), $\rho(x)$ – невід’ємна функція, яка описує попит на послугу; $c(x, \tau_i)/w_i$ – вартість підтримки і обслуговування складів $x \in \Omega$ центром τ_i (вважається пропорційною відстані $c(x, \tau_i)$ між точками); a_i – вартість облаштування нового чи модернізації існуючих логістичних центрів τ_i або його фіксовані організаційні витрати, розраховані на одну умовну одиницю попиту, $i = \overline{1, N}$; b_1, b_2, \dots, b_N – потужності логістичних центрів, що визначають максимальний об’єм, який можуть запропонувати відповідні центри. Потрібно здійснити розбиття заданого регіону на області Ω_{σ_l} , $l = \overline{1, L}$, які охоплюють споживачів, що мають одні й ті самі k найближчі сусідні сервісні центри $\{\tau_{j_1^l}, \tau_{j_2^l}, \dots, \tau_{j_k^l}\}$ з N існуючих (можливих). Тут $\sigma_l = \{j_1^l, j_2^l, \dots, j_k^l\}$ – набір індексів логістичних центрів, котрі асоціюються з підмножиною Ω_{σ_l} . Розбиття області Ω потрібно здійснити з урахуванням потужності кожного j -го логістичного центру та частки γ_j^l ринку послуг, яку воно займає на території Ω_{σ_l} , серед об’єктів $\{\tau_{j_1^l}, \tau_{j_2^l}, \dots, \tau_{j_k^l}\}$, що обслуговують дану територію.

Для математичного опису задачі вводяться наступні позначення: $N = \{1, 2, \dots, N\}$ – множина всіх індексів центрів; $M(N, k)$ – множина всіх k -елементних підмножин множини N , $|M(N, k)| = C_N^k = L$; $\sigma_l = \{j_1^l, j_2^l, \dots, j_k^l\}$, $l = \overline{1, L}$, – елементи множини

$M(N, k)$.

Сукупність підмножин $\{\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}\}$ з $\Omega \subset E^2$ є розбиттям k -го порядку множини Ω на її підмножини $\Omega_{\sigma_1}, \Omega_{\sigma_2}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$, якщо

$$\bigcup_{l=1}^L \Omega_{\sigma_l} = \Omega, \text{mes}(\Omega_{\sigma_i} \cap \Omega_{\sigma_j}) = 0; \sigma_i, \sigma_j \in M(N, k), i \neq j, i, j = \overline{1, L},$$

де $\text{mes}(\cdot)$ – міра множини. Ω_{σ_j} є підмножинами k -го порядку множини Ω .

Нехай $\Sigma_{\Omega}^{N, k}$ – клас всіх можливих розбиттів k -го порядку множини Ω на її підмножини $\Omega_{\sigma_1}, \dots, \Omega_{\sigma_L}$:

$$\Sigma_{\Omega}^{N, k} = \left\{ \bar{\omega} = \{\Omega_{\sigma_1}, \dots, \Omega_{\sigma_L}\}: \bigcup_{l=1}^L \Omega_{\sigma_l} = \Omega, \text{mes}(\Omega_{\sigma_i} \cap \Omega_{\sigma_j}) = 0, \sigma_l, \sigma_j \in M(N, k), i \neq j, i, j = \overline{1, L} \right\}.$$

Представлена математична модель для вирішення завдань сегментації території стосовно зон функціонування логістичних центрів в процесах перерозподілу матеріальних ресурсів є неперервною задачею оптимального мультиплексного поділу множин. На відміну від відомих моделей, вона дозволяє розподіляти матеріальні ресурси за критерієм мінімізації відстані до кількох найближчих центрів з урахуванням їх потужностей і обмежень, що виникають при надзвичайних ситуаціях, забезпечуючи спільне обслуговування мережею логістичних вузлів, які безперервно розподілені на певній території.

1. Киселева Е.М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств и алгоритмы: Монография / Е.М.Киселева, Л.С.Коряшкина. К.: Наукова Думка, 2015. – 400 с.

2. Dziuba, S., Bulat, A., Koriashkina, L., Blyuss, B. (2023). Discrete-Continuous Model of the Optimal Location Problem for the Emergency Logistics System. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4401341>

3. L.S. Koriashkina, S.V. Dziuba, S.A. Us, O.D. Stanina, M.M. Odnovol (2024) Two-stage problems of optimal location and distribution of the humanitarian logistics system's structural subdivisions. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2024, № 1. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/130>

4. Коряшкіна Л.С., Дзюба С.В. Математичні моделі та методи розміщення об'єктів і зонування територій в системах екстреної логістики Системні технології» 6 (149) 2023 «System technologies. – С. 107-122

ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОГО АУКЦІОНУ-СОЦМЕРЕЖІ ДЛЯ КОЛЕКЦІОНЕРІВ

Дмитрієв О.В., alexndmytrievmnk@gmail.com,

Басюк Т. М., taras.m.basyuk@lpnu.ua,

НУ «Львівська політехніка»

В період активної діджиталізації [1] практично все можна знайти в просторах інтернету. Починаючи від онлайн-спілкування чи навчання і закінчуючи можливістю віртуально побувати в практично будь-якій точці земного шару, люди мають можливість використовувати інтернет в найрізноманітніших цілях. Навіть маючи всі ці можливості, людині-колекціонеру досі треба прикладати чималих зусиль для збільшення свого кола спілкування та колекції. Пошук нових знайомств, що приведе до знаходження нових можливостей для розширення колекції може бути дуже не простим, особливо якщо предметна область колекціонування не є популярною. Але навіть після знаходження цікавого лоту, колекціонер отримує на своєму екрані короткий опис, декілька фотографій часто не найкращої якості і ціну.

Основне завдання роботи полягає у створенні системи, що надасть колекціонерам платформу для активного спілкування та торгівлі та стане актуальною соцмережею-аукціоном для будь-кого, хто матиме як і бажання збільшити свою колекцію та коло спілкування, так і тільки почати свою подорож в світі колекціонування.

Початковим етапом проведення системного аналізу є побудова дерева цілей, що являє собою графічну модель, яка використовується для структуризації та ієрархічного представлення цілей проекту чи організації [2]. Дерево цілей проєктованої системи зображено на рис.1. Дане дерево цілей відображає ключові етапи розробки проєкту інформаційної системи віртуального аукціону-соцмережі для колекціонерів і ділиться на три

основні підділі: аналіз та збір даних, створення проєкту інформаційної системи, розроблення підсистем візуалізації та безпеки.

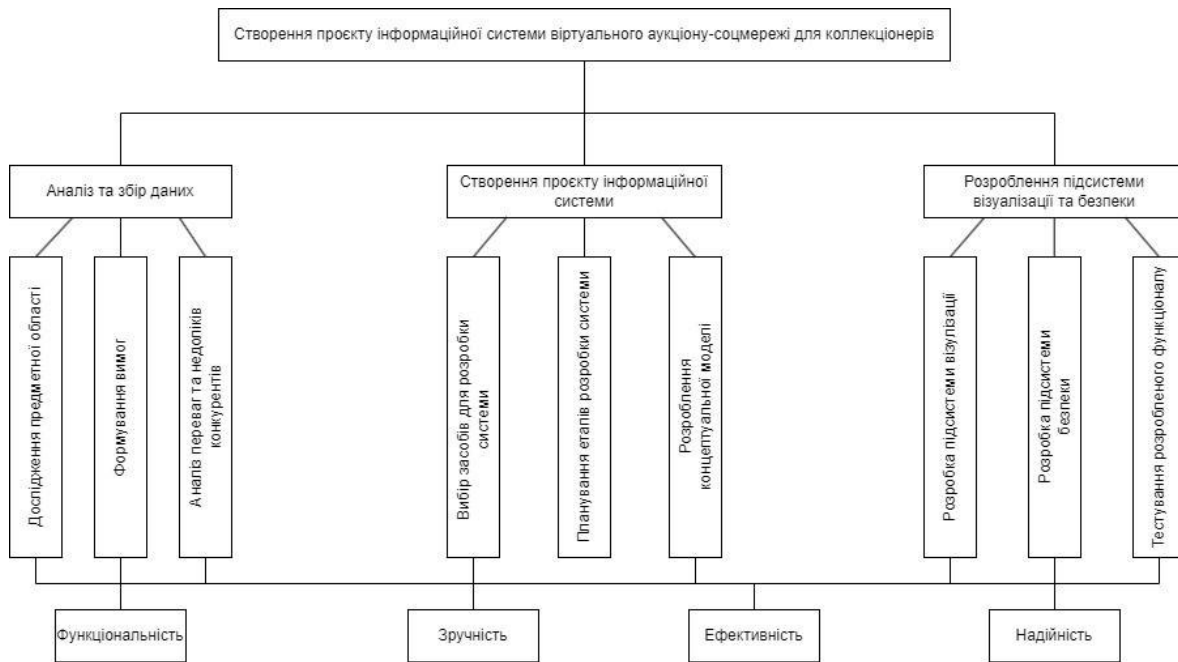


Рис. 1. Дерево цілей проєкту

Створене дерево цілей допоможе зрозуміти, як конкретні дії та завдання сприяють досягненню загальної мети, показуючи їхній взаємозв'язок і послідовність розроблення. Подальші дослідження будуть направлені на конструювання системи та перевірки коректності її роботи.

1. Adrian McEwen, Hakim Cassimally. Designing the Internet of Things. Wiley, 2013. 336р.
2. Дивак М. П. Методичний посібник з дисципліни “Системний аналіз”. Тернопіль, 2004. 136 с.

ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ВЕБСАЙТУ

Долотов І. О., vadol@ua.fm, Гук Н.А., huk_n@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Складна структура сучасного Інтернету вимагає застосування нових підходів до його аналізу. Використання математичних моделей для зображення вебсайтів покращує розуміння їх структури та взаємозв'язків, що є необхідним для розробки ефективних алгоритмів пошуку та на сьогоднішній день є актуальною задачею.

Сучасні вебсайти є складними інформаційними системами. Одним із способів зображення є модель сайту у вигляді вебграфа [1]. Визначимо гіпертекстову модель вебсайту H як набір, що складається з двох множин: $H = \{P, L\}$ де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множина сторінок сайту, що відповідає вершинам графу; $L = \{l \mid \exists p_1, p_2 \in l(p_1, p_2)\}$ — множина гіперпосилань між сторінками, що відповідає ребрам графу.

У роботі [1] використовують краулінг як метод збору даних з вебсайту, що передбачає автоматичний обхід сторінок та збереження необхідної інформації у вигляді вебграфа. Для побудови краулера застосовувався обхід графа в ширину. Застосування цього алгоритму до скінченного зв'язного графа забезпечує відвідування кожної вершини. Процес вилучення даних передбачає парсинг HTML-коду сторінки за допомогою вбудованих інструментів Python. Шляхом послідовного аналізу рядків HTML-коду виявляються теги $\langle a \rangle$ з атрибутом href, які інтерпретуються як гіперпосилання. Виявлені посилання додаються до графу як ребра, після чого обробляється наступна сторінка. Зовнішні посилання в цьому процесі ігноруються.

Побудовано вебграфи офіційного вебсайту ДНУ (<http://dnu.dp.ua/>), сайтів факультету прикладної математики (<http://fpm.dnu.dp.ua/>) та факультету психології (<http://fpso.dp.ua/>). Їх було проаналізовано із

використанням коефіцієнтів модулярності, кластеризації та транзитивності, що наведені у Табл. 1.

Таблиця 1

Метричні характеристики	Вебсайти		
	dnu.dp.ua	fpm.dnu.dp.ua	fpso.dp.ua
Кількість вершин	10854	725	91
Кількість ребер	1285779	23768	2135
Коефіцієнт модулярності	0.168	0.189	0.194
Коефіцієнт кластеризації	0.64	0.77	0.796
Коефіцієнт транзитивності	0.823	0.802	0.838

Аналіз наведених параметрів свідчить про те, що зі збільшенням кількості сторінок знижуються значення коефіцієнтів модулярності та кластеризації. Однак, з огляду на розвинену структуру вебсайту ДНУ, його показники перевищують середні значення для сайтів аналогічного розміру. Зокрема, модулярність вебграфа ДНУ становить $Q \approx 0.168$, тоді як середнє значення модулярності для подібних сайтів становить $Q \approx 0.152$.

Із використанням отриманих результатів можна проводити подальші дослідження структури вебсайтів, розглядати зв'язки у підграфах або аналізувати певні сторінки на наявність змістовних гіперпосилань.

Список використаних джерел

1. V. Shrivastava, "A methodical study of web crawler", Journal of Engineering Research and Application. 2018; 8 (11): p. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.9790/9622-0811010108>

КОРЕКЦІЯ ОЦІНОК ЧАСТОТ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МЕТОДАМИ ПАРАМЕТРИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Дробахін О.О., drobakhino@gmail.com

Олевський О.В., oolevskiy@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Методи параметричного спектрального аналізу широко застосовуються для обробки сигналів в різноманітних галузях [1, 2]. Найбільш розповсюдженими є метод Проні та метод пучка матриць (МПМ), які використовують комплексно-експоненціальну модель сигналу

$$s_n = \sum_{m=1}^M \underline{A}_m e^{i\omega_m n \Delta t} = \sum_{m=1}^M \underline{A}_m z_m^n,$$

де \underline{A}_m – комплексні амплітуди, а ω_m – комплексні циклічні частоти.

В більшості випадків для методів подібного типу оцінка комплексних амплітуд проводиться шляхом розв'язку СЛАР

$$\begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_1^{N-1} & \dots & z_M^{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{A}_1 \\ \vdots \\ \underline{A}_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_0 \\ \vdots \\ s_{N-1} \end{bmatrix},$$

що не надає можливості коригування частот під час оцінки амплітуд і веде до збільшення похибки їх оцінки. За умови малих за модулем корекцій частот авторами пропонується застосування розширеної системи

$$\begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_1^{N-1} & \dots & z_M^{N-1} & (N-1)i\Delta t z_1^{N-1} & \dots & (N-1)i\Delta t z_M^{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{A}_1 \\ \vdots \\ \underline{A}_M \\ \underline{\gamma}_1 \\ \vdots \\ \underline{\gamma}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_0 \\ \vdots \\ s_{N-1} \end{bmatrix},$$

де $\underline{\gamma}_m = \frac{\Delta\omega_m}{\underline{A}_m}$ використовуються для отримання кінцевої оцінки частот.

Для перевірки працездатності методу його було перевірено на синтетичних сигналах довжиною в 100 відліків. Дані сигнали мали вигляд

$$s_n = \sum_{m=1}^4 A_m e^{-\alpha_m n \Delta t} \cos(\omega_m n \Delta t + \varphi_m).$$

Як можна побачити на рис. 1 та рис. 2, запропонований підхід здатен покращити результативність методу Проні та МПМ в сенсі медіанного значення відхилення оцінки комплексних амплітуд, та відновлення сигналу.

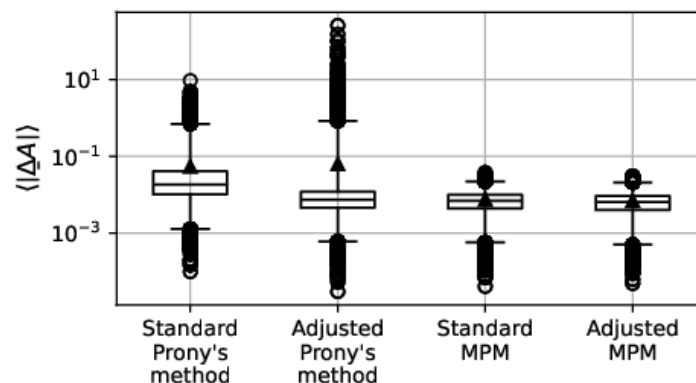


Рисунок 1. Середнє значення відхилення оцінки амплітуди для різних методів. Між вусами знаходиться 99% значень відхилення.

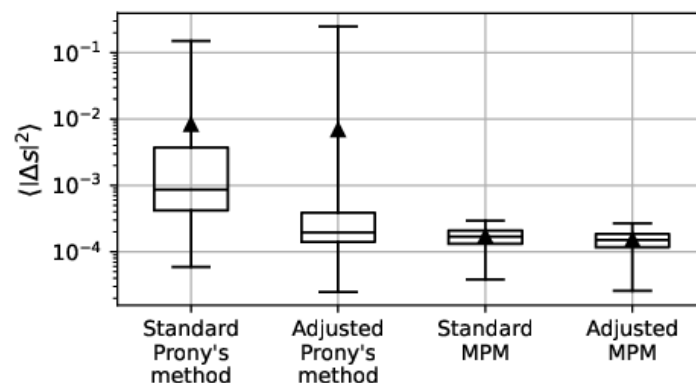


Рисунок 2. Середнє значення відхилення оцінки форми сигналу для різних методів. Між вусами знаходиться 99% значень відхилення.

Бібліографічні посилання

- [1] Методи комп'ютерного експерименту в радіофізиці : навчальний посібник / М. В. Андреев та ін. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. 256 с.
- [2] Andreev M. V., Drobakhin O. O. Feature of Prony's method application for natural frequencies estimation from the frequency response. *2016 8th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (UWBUSIS)*. Odessa, 2016, P. 18-20.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ БАГАТОЗОНДОВИХ РЕФЛЕКТОМЕТРІВ

Дробахін О.О., drobakhino@gmail.com

Чучва В.Д., chuchva.v22@fpm.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Серед радіовимірювальних засобів провідне місце посідають багатозондові вимірювачі, побудовані на діодних детекторах. Голографічні методи вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття базуються на гіпотезі квадратичності датчика поля у хвилеводі [1], чого не забезпечують реальні прилади в усьому діапазоні можливих рівнів сигналів [2]. Це обумовлює необхідність коригування вимірних даних для отримання коректних результатів.

Як відомо, калібрування діодів проводять у режимі короткого замикання для розподілу нормованої напруги уздовж вимірювальної лінії

$$U(l) = |\dot{U}_{\max}| \sqrt{1 + |\dot{\Gamma}|^2 + 2|\dot{\Gamma}| \cos(2\beta l + \varphi_{\Gamma})},$$

де $\dot{\Gamma}$ – комплексний коефіцієнт відбиття, а φ_{Γ} – фазовий зсув.

При проведенні числового експерименту було розглянуто стоячу хвилю напруги у стандартному прямокутному хвилеводі з перерізом 23 мм × 10 мм, а в якості прямої моделі детектора розглядалося рівняння ідеального діода Шоклі, що показало відхилення від квадратичності (рис. 1).

Для відновлення розподілу поля в лінії за результатами детектування авторами пропонується застосування штучних нейронних мереж на основі радіально-базисних функцій та багатозондового перцептрона. Розглянуті нейромережеві моделі дозволяють відновлювати розподіл із нев'язкою порядку не вище 10^{-4} (рис. 2) та порівняною ефективністю залежно від динамічного діапазону детектора та можуть бути застосовані для збільшення точності визначення комплексного коефіцієнта відбиття у багатозондових рефлектометрах.

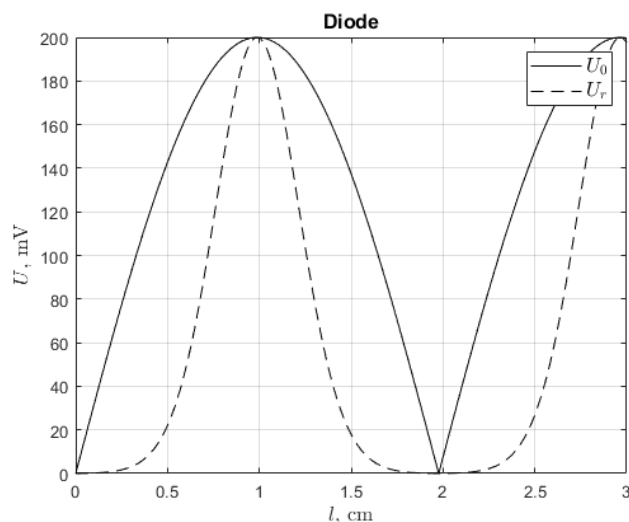


Рисунок 1. Розподіли нормованої напруги: U_0 – теоретичний; U_r – розрахований із застосуванням моделі діода

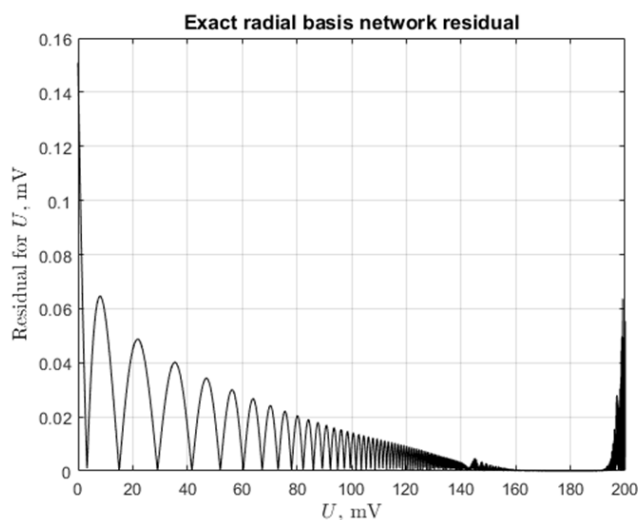


Рисунок 2. Нев'язка за амплітудою при відновленні розподілу із застосуванням точної радіально-базисної нейронної мережі

Бібліографічні посилання

1. Andreev M. V., Drobakhin O. O., Saltykov D. Y. Complex reflection coefficient determination via digital spectral analysis of multiprobe reflectometer output signals. *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*. 2017. P. 170–175.
2. Low-power measurement using diode type power sensors in the presence of higher harmonics: Best practice guide / K. Dražil, A. K. Dogan, M. Celep et. al. *RFMicrowave*, 2019. P. 3–6.

RAG АРХІТЕКТУРА СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВИХ СИСТЕМ

Дунаєвський М.С., MaxDunaievskyi@gmail.com

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Вступ. Можливості сучасних великих мовних моделей (Large Language Model) надзвичайно вирости протягом останніх років та дозволяють будувати інформаційно-довідкові системи нового покоління. Зокрема, використовуючи RAG (Retrieval Augmented Generation), – технологію, що дозволяє доповнити досить загальні знання LLM контекстною інформацією з репозиторію документів певного підприємства, або певної галузі знань.

Постановка задачі. Враховуючи новизну використання LLM як сервісів все ще триває активний пошук найкращих архітектурних підходів їх інтеграції в системи інформаційно-довідкового характеру та системи підтримки прийняття рішень. Не менш актуальним є розроблення таких систем на основі хмарних технологій.

Розв’язання задачі. Пропонуємо розглянути розроблене архітектурне рішення на основі технологій провайдера хмарних послуг AWS (рис. 1) [1]. Ключовими компонентами системи є: сервіс LLM, контролер (оркестратор), векторна БД, модуль отримання вхідних даних, модуль логування та консоль користувача. В кожному модулю наведено для прикладу кілька різних сервісів, які можуть застосовуватись в залежності від технічного завдання проекту. На кроках 1 – 3 система розгортається: відбувається первинне отримання вхідних текстових даних (1), їх конвертація в числові вектори (word embedding) (2) та збереження векторів у векторну БД (3). Реалізується механізм підтримки періодичного оновлення нових даних, що надходять з часом. Кроки 4 – 8 описують використання системи. Отримання запиту від користувача (4). Доповнення запиту користувача найбільш релевантною (максимально семантично

подібною) інформацією з векторної БД (5). Направлення оригінального запиту користувача та релевантної контекстної інформації до сервісу LLM (6). Надсилання відповіді користувачу (7). Збереження (логування) оригінального запиту користувача та фінальної відповіді системи для моніторингових цілей (8). Також система зворотного зв'язку може зберігати оцінки та коментарі від користувачів.

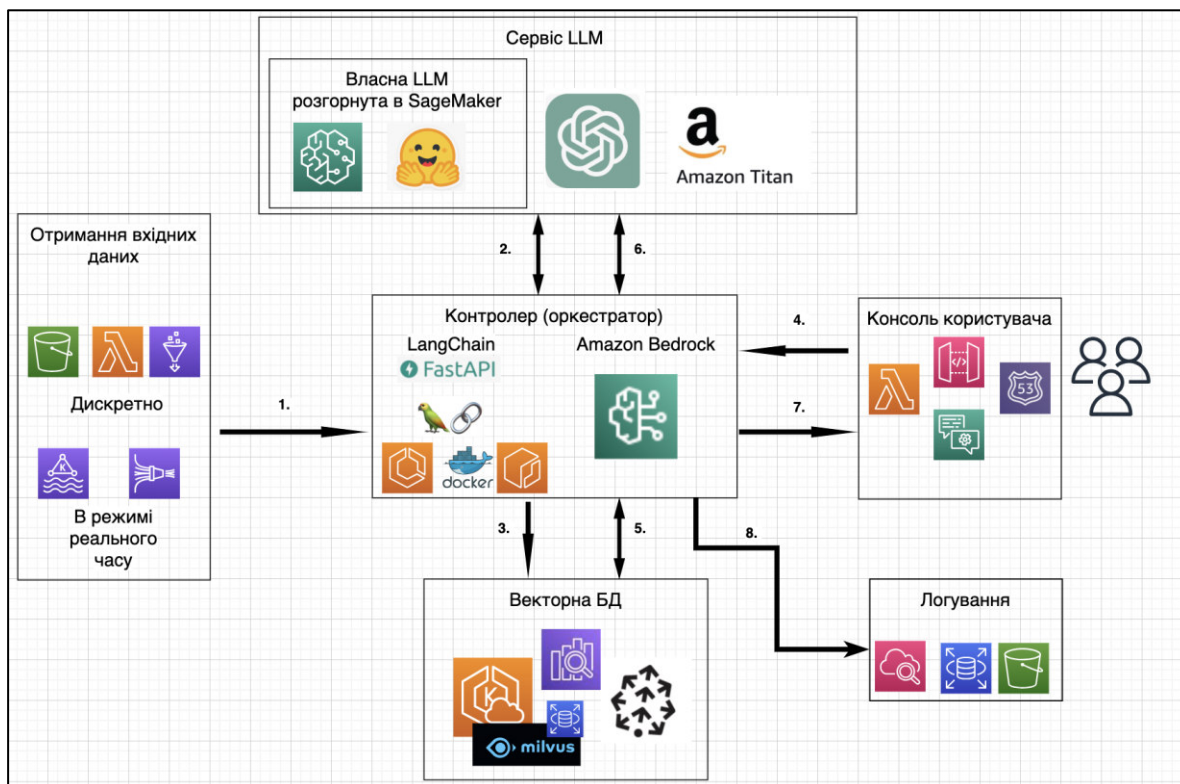


Рис. 1. RAG архітектура інформаційно-довідкової системи

Висновки. Максимальна корисність сервісу LLM отримується шляхом реалізації RAG архітектури. Імплементация її на основі хмарних технологій додає системі надійності та можливостей масштабування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jawadekar A. et al. Quickly build high-accuracy Generative AI applications on enterprise data using Amazon Kendra, LangChain, and large language models. AWS Machine Learning Blog. 2023. URL: <https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/quickly-build-high-accuracy-generative-ai-applications-on-enterprise-data-using-amazon-kendra-langchain-and-large-language-models/> (дата звернення: 28.10.2024).

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОДНОНАПРЯМЛЕНОГО ШИФРУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Ендека М.Г., mama04062004@gmail.com

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розробка системи однонапрявленого шифрування даних є важливим завданням для забезпечення безпечної передачі та зберігання інформації в сучасному цифровому середовищі. Однонапрявлене шифрування (англ. *one-way encryption* або *hashing*) використовується для того, щоб перетворювати дані в такий спосіб, що їх неможливо безпосередньо відновити з отриманого результату. Це підходить для захисту паролів, цифрових підписів, перевірки цілісності даних та інших сценаріїв, де важлива неможливість зворотного дешифрування.

Розроблена система однонапрявленого шифрування складається з таких ключових компонентів:

1. Алгоритм хешування, який забезпечує перетворення вхідних даних у фіксовану довжину хешу. Використання надійних хеш-функцій забезпечує неможливість зворотного перетворення зашифрованої інформації, а також гарантує її унікальність.

2. Механізм верифікації, що дозволяє перевіряти цілісність і автентичність даних, порівнюючи хеші або токени без необхідності їх розшифровки.

3. Токенізацію – надання користувачам можливості створювати і використовувати токени для захищеної автентифікації. Це дозволяє системі надійно перевіряти права доступу або автентичність отриманих даних.

Сучасні алгоритми хешування, які широко використовуються в однонапрявлених системах шифрування, включають:

- SHA-256 (Secure Hash Algorithm 256-bit) – один з найпопулярніших алгоритмів для криптографічного хешування, створений Агентством національної безпеки США (NSA). Він перетворює будь-які вхідні дані у фіксовану 256-бітову строку, що робить його стійким до колізій і практично незворотнім.

- SHA-3 – нова версія алгоритму SHA, яка має більш складний процес хешування та забезпечує ще вищий рівень безпеки.

- Argon2 – переможець конкурсу Password Hashing Competition, що забезпечує високу стійкість до атак за допомогою графічних процесорів (GPU). Він був розроблений для захисту паролів і надає гнучкість у налаштуванні ресурсів, що використовуються для хешування.

- bcrypt, Scrypt: алгоритми, які розроблені спеціально для безпечного зберігання паролів, використовуючи методи "соління" і "переобчислення" для додаткового захисту від атак на основі перебору або райдужних таблиць. "Сіль" – це випадковий рядок символів, який додається до кожного пароля або даних перед хешуванням, щоб унеможливити атаки за допомогою райдужних таблиць. Без "солі" однакові паролі або дані завжди давали б однакові хеші, що робить їх вразливими до атаки на основі попередньо обчислених хешів.

Отримані результати показали, що:

- Однонаправлене шифрування на основі хеш-функцій забезпечує високий рівень безпеки, оскільки дані не можуть бути повернені до оригіналу.

- Система є ефективним інструментом для захисту та автентифікації даних, що робить її придатною для використання в системах, де важлива безпека передачі, але зворотна розшифровка не потрібна.

Розроблена система може бути ефективно застосована для захисту чутливої інформації в різних сферах, де важлива гарантія цілісності та безпеки даних.

ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО АЛГОРИТМІВ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕННЯХ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ

Єлі М.Я., max.yar.eli@gmail.com

Байбуз О.Г., baibuz_o@fpm.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Сьогодні хмарні обчислення стали фундаментом для надання обчислювальних потужностей у сферах від зберігання даних до виконання високонавантажених задач. Питання ефективного розподілу ресурсів стає критичним у зв'язку з постійним збільшенням обсягів інформації та високими вимогами до продуктивності. Неefективне управління ресурсами призводить до збільшення витрат і погіршення обслуговування, що особливо важливо для таких напрямків, як аналіз великих даних, штучний інтелект та Інтернет речей (IoT), де потрібна висока адаптивність до змін навантаження [1].

У зв'язку з цим останні дослідження пропонують численні підходи для покращення розподілу ресурсів у хмарних обчисленнях, серед яких евристичні алгоритми та методи машинного навчання. Наприклад, робота [2] аналізує різні підходи до розподілу ресурсів, зокрема евристичні та метаевристичні, акцентуючи на їхній гнучкості в умовах динамічних змін хмарного середовища. У дослідженні [3] представлено конкретний евристичний метод на базі Аналітичного ієрархічного процесу (АНР), що дозволяє ефективно ранжувати задачі за важливістю, та алгоритму BATS+BAR, що демонструє ефективність у реальних умовах. Хоча ці підходи дають значні результати, вони мають обмеження: евристичні алгоритми не завжди забезпечують глобальну оптимальність, що може впливати на точність виконання великих обчислювальних задач.

Водночас питання енергоефективності та якості обслуговування залишається актуальним, адже ці аспекти не завжди покращуються

виключно евристичними підходами. Це стимулює дослідників до впровадження нових рішень, що інтегрують елементи штучного інтелекту для більш адаптивного реагування на зміни навантаження та вимоги користувачів. Застосування машинного навчання та гібридних алгоритмів розширює можливості адаптивного управління ресурсами, що дозволяє підвищити ефективність хмарних обчислень та знизити витрати на інфраструктуру, забезпечуючи необхідний рівень обслуговування.

Список використаних джерел

1. Гібридний метод розподілу ресурсів в хмарних системах [Електронний ресурс]
URL: <https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/download/3355/2777/>
2. Muhammad Faraz Manzoor, Adnan Abid, Shoaib Farooq, Naeem Ahmed. Resource Allocation Techniques in Cloud Computing: A Review and Future Directions, Elektronika ir Elektrotechnika, pp. 40-51 (2020)
3. S. Dharmaraj, Dr. P. Kavitha. Task Scheduling and Resource Allocation in Cloud Computing using a heuristic approach // International Journal of Cloud Computing, volume 7, No. 04 (2018).

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА ОСНОВІ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ

Єфремов М.С.¹(yefremov@knu.ua), Крак Ю.В.^{1,2} (Iurii.krak@knu.ua),

Стеля О.Б.(oleg.stelya@gmail.com)^{1,2}

¹ *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

² *Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

Одним з основних та дієвих способів моніторингу за станом здоров'я людини є аналіз електричної активності серця шляхом зняття електрокардіограми (ЕКГ). Отриманий сигнал з ЕКГ пристроїв досліджується спеціалістами на наявність у пацієнтів різних серцевих захворювань та аномалій. У запропонованій технології було використано авторський алгоритм та методику знаходження R-піків у ЕКГ сигналі [1]. Алгоритм було протестовано на базі даних ЕКГ MIT-BIH [2], яка широко використовується у науковій спільноті. Результати роботи алгоритму на ЕКГ з даної бази показали високу ефективність виявлення піків. Для перевірки роботи запропонованого алгоритму на реальних даних, було вирішено розробити власну інформаційну технологію що моделює роботу реального Холтера. Для цього було розроблено веб-сервер на стороні якого інтегровано реалізацію даного алгоритму мовою Python. Для реєстрації електричної активності серця, було обрано використовувати давач AD8232 [3], оскільки він може бути сумісним з такими мікроконтролерами як Arduino та Raspberry та широко використовується в пристроях ЕКГ на базі мікроконтролерів. Цей давач отримує сигнал з трьох каналів та перетворює аналоговий сигнал на цифровий, що вже є відфільтрованим. Arduino Mega з вбудованим WiFi модулем виконує роль мікроконтролера, який мережею WiFi передає на веб сервер дані та разом з підключеним давачем створює бездротову систему зчитування ЕКГ. Під час роботи зібраного пристрою, дані з давача порціями надходять до веб-сервісу, який обробляє та повертає R-піки, дозволяючи зображувати у реальному часі з невеличкою

затримкою сигнал кардіограми у веб-застосунку, та проаналізувавши R-піки, у разі потреби попереджати про аномалії на сигналі [4].

Результати дослідження показали, що алгоритм знаходить піки на сигналі з такою самою точністю, як й на даних з відкритих джерел, що підтверджує його ефективність навіть у ситуаціях, коли важко прогнозувати поведінку сигналу. Відзначимо, що давач AD8232 зазвичай використовується для перевірки алгоритмів, а не для реалізації їх у справжніх кардіологічних пристроях. Також розроблений підхід показав, що алгоритм ефективно обчислює R-піки й при не ідеальних пристроях зняття ЕКГ. Під час дослідження було виявлено також, що за допомогою даного алгоритму можна відрізнити шуми від справжнього сигналу. Також розроблена інформаційна технологія дозволяє передавати дані з ЕКГ в режимі реального часу медичним працівникам для діагностики та лікування, та є мікросервісною, що з легкістю дозволить замінити пристрій зчитування даних на будь-який інший, а також переносити логіку роботи алгоритму як на веб-сервер, так й на пристрій реєстрації сигналу, якщо це дозволятимуть його характеристики.

Бібліографічні посилання

1. Крак Ю.В., Стеля О.Б., Єфремов М.С., Ляшко А.В. Інформаційна технологія обробки даних електрокардіограм для знаходження R-піків. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2024. № 5. С. 44-52. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2024.05.044>.
2. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Glass L., et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet. Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation*. 2000. **101**, № 23:e215-e220. <https://circ.ahajournals.org/content/101/23/e215.full>.
3. D8232: Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232%20.pdf>
4. Guvenc H. Wireless ECG Device with Arduino. 2020 Medical Technologies Congress (TIPTEKHNO). Nov. 2020. pp.1-4. Doi: 10.1109/TIPTEKHNO50054.2020.9299248.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОЇ АПЛІКАЦІЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ "ПРОЗОРРО"

Журавчак Ю. Ю., yurii.zhuravchak.mitis.2023@lpnu.ua

Шах А. К., anton.k.shakh@lpnu.ua

Національний університет «Львівська політехніка»

У сучасних реаліях 2024 року, особливо в контексті воєнного стану та майбутньої відбудови України, система державних закупівель Prozorro набуває безпрецедентної важливості. Ця електронна система стала не просто інструментом для здійснення державних закупівель, а критично важливою інфраструктурною складовою, що забезпечує прозорість та ефективність використання державних коштів.

Актуальність розвитку та вдосконалення системи Prozorro обумовлена декількома ключовими факторами. Перш за все, це масштабні проекти з відбудови України, які потребують прозорих та ефективних механізмів здійснення закупівель. В умовах значного міжнародного фінансування процесів відновлення, система має забезпечувати максимальну прозорість та підзвітність використання коштів. Крім того, інтеграція України до європейського простору вимагає відповідності системи державних закупівель міжнародним стандартам та найкращим практикам.

Мета дослідження полягає у розробці та впровадженні високонавантаженої системи державних закупівель Prozorro, яка забезпечить ефективну обробку великих обсягів даних та прозорість процесів в умовах зростаючих потреб цифрової трансформації держави. Дослідження фокусується на створенні масштабованої архітектури з використанням сучасних технологій та методологій розробки, що дозволить забезпечити надійну роботу системи при високих навантаженнях та її подальшу інтеграцію з іншими державними електронними сервісами.

Діаграма системи Prozorro відображає комплексний потік даних та взаємодію між ключовими компонентами системи, включаючи процеси від подання тендерної пропозиції до завершення закупівлі.

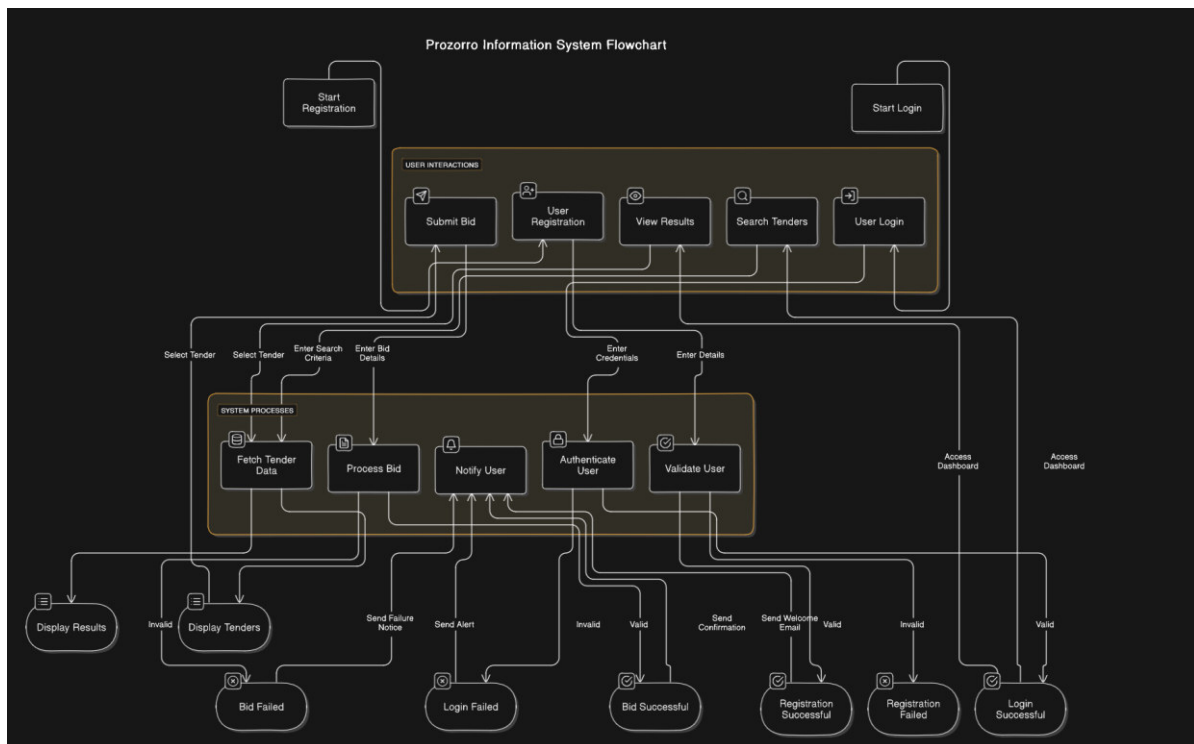


Рис. 1. Information System Flowchart

Резюмуючи, можна стверджувати, що розвиток та вдосконалення системи Prozorro є стратегічно важливим завданням для України. Це не просто технологічний проект, а важливий інструмент забезпечення прозорості та ефективності державного управління, який відіграватиме ключову роль у процесі відбудови та модернізації країни.

Список використаних джерел

1. Веб-рендерінг у браузері [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://developers.google.com/web/updates/2019/02/rendering-on-the-web>
2. Офіційна документація Blink [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.chromium.org/blink>

**ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ
МЕХАНІКИ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЛОЩАДОК
КОНТАКТУ**

Жушман В.В., zhushmanvlad@gmail.com, Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розвиток сучасних технологій вимагає вдосконалення методів розрахунку на міцність деталей машин, конструкцій, механізмів, інженерних споруд та будівель. Ідентифікація форм і властивостей контактних зон при проведенні таких розрахунків має особливе значення, оскільки якість проведеного чисельного аналізу може підвищити довговічність і надійність роботи досліджуваних об'єктів.

Основною метою роботи є розробка підходу із застосуванням експертних систем для розв'язання задач механіки контактної взаємодії. І експертну систему було розроблено використовуючи програмний продукт CLIPS (C Language Integrated Production System), що дозволило реалізувати правила для обробки великих обсягів даних про напружено-деформівний стан системи штамп-пружний півпростір. Побудована експертна система ефективно обробила дані (нормальні, дотичні напруження, переміщення) зібрані з умовних датчиків навколо контурів контактної зони. Для формування, форматування і передачі масивів даних в експертну систему було розроблено та застосовано спеціально створений програмний додаток на мові C++. Запропонований підхід забезпечив достатньо ефективну роботу експертної системи. В якості тестової задачі було розглянуто випадок впливу абсолютно жорсткого циліндричного штампа з плоскою основою на однорідний ізотропний пружний півпростір для випадку коли зона контакту заздалегідь не відома. За допомогою експертної системи відбувалося відтворення форми площадки контакту.

АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОРЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Завальнюк Є.К., Романюк О.Н.

qq9272627@gmail.com, rom8591@gmail.com

Вінницький національний технічний університет

Рендеринг [1] є процесом формування 3D-зображень на основі геометричних моделей сцен. Досягнення штучного інтелекту (ШІ) дають змогу оптимізувати процес, прискорюючи формування якісних зображень.

Перед візуалізацією модель сцени має бути оптимізована: інтерактивні системи потребують формування кадрів у реальному часі. Необхідним є використання оптимальної кількості полігонів моделей об'єктів, при якій якість візуалізації залишається високою. А.М. Крету та ін. [2] запропоновано систему для оптимізації полігональної моделі, що базується на її аналізі на основі газової нейромережі, вилученні полігонів, невідповідних регіонам інтересу. За допомогою MLP-архітектури визначається оптимальна кількість полігонів для окремих рівнів деталізації. Недоліком є недостатня складність використаної архітектури.

Є три основні підходи до рендерингу. Широко поширеним є зафарбовування растеризованих полігонів моделей, що забезпечує прийнятну реалістичність, за точністю поступається трасуванню променів (RT). Високі обчислювальні потреби RT обмежують його застосування. Іншим підходом є використання генеративного ШІ для генерації зображень співставної якості. Зокрема, Д. Гарріс-Дьюї, Р. Клейном запропоновано використання GAN (Pix2Pix) [3] для формування зображень, якість яких відповідає RT. Тренування таких систем ШІ передбачає генерацію цільових зображень за допомогою рендерерів на основі RT, вивчення генерації зображень. Значення метрики якості SSIM було 0.98, а час генерації був близько 0.3 с (при RT - 30 с). Перспективною є оптимізація генерації зображень шляхом вдосконалення і розробки нейронних архітектур.

Одним із останніх етапів графічного конвеєра є покращення якості зображення, де можуть використовуватись спеціальні інтелектуальні системи. Прикладом є продукція TopazLabs [4], що включає Photo AI (вилучення шуму, підвищення чіткості деталей, масштабування, корекція освітлення та кольорів), Video AI (редагування кадрів й генерація нових, розпізнавання зображень у відео), GigaPixelAI (насамперед, масштабування та підвищення чіткості). Перевагами є потужна технологія покращення якості зображень, зручний інтерфейс. Недоліком є порівняно висока ціна.

Зворотний рендеринг дозволяє створити зображення сцени зі знімків. Nvidia Instant NeRF [5] є інструментом Nvidia для формування зображень з серії фото (рекомендовано 50+ зображень, сцена формується близько 5 хв.), використовуючи технологію NeRF. Система підтримує інтерактивний аналіз зображень, VR, оптимізацію параметрів камери, створення анімації. Головною перевагою є формування фотореалістичних сцен з високоточним подання умов освітлення. Недоліками є необхідності застосування значних обчислювальних ресурсів і наявності певного користувацького рівня знань.

Отже, для формування високореалістичних зображень важливою є оптимізація моделі об'єкта, генерація зображень є перспективною альтернативою RT, інтелектуальна обробка зображень забезпечує суттєве підвищення їх якості, NeRF дозволяє відтворити реалістичну сцену з фото.

Список використаних джерел

1. Романюк О. Н., Романюк О. В., Чехмestрук Р. Ю. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2023. 147 с.
2. Cretu A.-M., Chagnon-Forget M., Payeur P. Selectively densified 3D object modeling based on regions of interest detection using neural gas networks. *Soft Computing*. 2016. Vol. 21, no. 18. P. 5443–5455.
3. Harris-Dewey J., Klein R. Generative Adversarial Networks for Non-Raytraced Global Illumination on Older GPU Hardware. *IJECS*. 2022. Vol. 10, no. 1. P. 1–6.
4. Topaz Labs | Photo AI| Every shot has potential. Make it perfect. *Topaz Labs*. URL: <https://www.topazlabs.com/topaz-photo-ai> (date of access: 25.10.2024).
5. Getting Started with NVIDIA Instant NeRFs. *NVIDIA Technical Blog*. URL: <https://developer.nvidia.com/blog/getting-started-with-nvidia-instant-nerfs/> (date of access: 25.10.2024).

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Заторжинський К.С., zatorzhynskyi.k19@365.dnu.edu.ua,

Тонкошкур І.С., tonkoshkur_i@365.dnu.edu.ua,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Метою досліджень у галузі гемодинаміки є виявлення та аналіз факторів, що впливають на динаміку кровотоку, розподіл тиску, швидкість та обсяг перфузії крові по судинній системі. Це дозволяє встановити зв'язок між характеристиками гемодинаміки та патологічними процесами.

Розглядається задача про нестационарний рух рідини в судині, що має форму труби з жорсткими або пружними стінками. Для опису потоку рідини застосовується модель, яка заснована на рівняннях нерозривності та імпульсу. Використовується квазіодновимірний підхід для розв'язання задачі [1]. Значення тиску та швидкості усереднені по перерізу потоку. Кровотік в артерії моделюється системою лінійних диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial t} + \rho c_0^2 \frac{\partial V}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} = f_e + f_R, \\ s = s(p), \end{cases}$$

де t — час, x — поздовжня координата, ρ — густина крові, яка вважається постійною, s — площа поперечного перерізу судини, V — усереднена по поперечному перерізу швидкість руху крові вздовж судини, P — усереднений артеріальний тиск, f_e — зовнішня сила, f_R — сила опору (тертя), обумовлена в'язкими властивостями крові, c_0 — швидкість розповсюдження пульсової хвилі.

Модель розглянуто з наступними припущеннями: конвективні складові не враховуються, швидкість розповсюдження пульсової хвилі c_0 вважається сталою.

Система диференціальних рівнянь розширюється залежністю площі від тиску $S=S(p)$. Використовувалась лінійна залежність $P(s) = \alpha s + \beta$, де α, β – константи.

Початкові умови

$$p(x,0) = p_0(x), \quad u(x,0) = u_0(x),$$

Крайові умови

$$u(0,t) = \mu_1(t), \quad p(L,t) = \mu_2(t),$$

де $p_0(x), u_0(x), \mu_1(t), \mu_2(t)$ – задані функції.

Для моделювання серцевого викиду в системі кровообігу людини на лівій границі судини задається витрата крові у вигляді певної періодичної функції, на правій границі – підтримується сталий тиск.

Для чисельного розв'язання початково-крайової задачі для заданої системи рівнянь використовуються скінчено-різницеві методи Лакса-Вендроффа та Мак-Кормака [2]. Проведені розрахунки для випадків жорсткої та еластичної стінки судини.

Бібліографічні посилання

1. Boileau, E., et al. A benchmark study of 1-D numerical schemes for arterial blood flow modelling. *Int. J. Numer. Meth. Biomed. Engng.* 2012. p. 1–26
2. Tannehill J.C., Anderson D.A., Pletcher R.H. *Computational Fluid Mechaincs and Heat Transfer.* Taylor & Francis, 1997. 792 pp.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В СОНЯЧНІЙ ПАНЕЛІ В РАМКАХ ТЕОРІЇ СУЦІЛЬНОСТІ

Захаров Д.В., decinpix@gmail.com Книш Л.І.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Ефективність сонячних фотоелектричних панелей критично залежить від температури. Визначення такої залежності особливо актуально під час прогнозування видобутку електричної енергії сонячними станціями. Для розв'язання даної задачі методами механіки суцільних середовищ було розроблено чотири математичні моделі, кожна з яких дозволяє визначити падіння ефективності сонячних панелей під впливом високих температур.

На основі стаціонарної нелінійної 2D математичної моделі із розподіленими параметрами знайдений розподіл температур по товщині сонячної панелі, середньоінтегральне значення температур та середнє значення ефективності, яке виявилось значно меншим за те, що заявлено виробником. При розробці 2D моделі сонячна панель розглядалась як одношарове тіло з ефективними теплофізичними параметрами.

Базова нестационарна нелінійна 1D математична модель із зосередженими параметрами була модифікована для розв'язання трьох актуальних задач – визначення полів температур в кожному шарі сонячної панелі при постійних кліматичних умовах, при змінних умовах, що максимально наближені до реальних та при наявності додаткового охолодження сонячних елементів.

Для кожної з наведених математичних моделей побудовані відповідні числові алгоритми та розроблені власні інтерактивні програмні продукти на мові програмування C++ та Wolfram Mathematica. Проведено комп'ютерне моделювання розподілу температур в сонячній панелі, результати якого верифіковані шляхом порівнянні із даними натурного експерименту.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ДЛЯ ІМПУТУВАННЯ ПРОПУСКІВ У ДАНИХ В АРХІТЕКТУРІ SCIKIT-LEARN PYTHON

Земляний О.Д. zemlyanoy.aleksey@gmail.com, Байбуз О.Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасних задачах машинного навчання наявність пропусків у даних є типовою проблемою, яка може суттєво впливати на якість моделей. Одним із важливих кроків у процесі підготовки даних є імпутація (заповнення пропусків). Бібліотека Scikit-learn пропонує кілька вбудованих підходів для імпутації пропусків, таких як SimpleImputer та KNNImputer, однак у багатьох випадках є необхідність використовувати більш гнучкі або складніші методи, що краще враховують структуру та залежності між ознаками. Важливо, щоб розроблені імпутери легко інтегрувались у стандартні процеси підготовки даних, зокрема у pipeline з подальшим масштабуванням та класифікацією.

Метою роботи є розроблення нових класів для імпутації пропусків, що можуть бути інтегровані в pipeline бібліотеки Scikit-learn, забезпечуючи гнучкість, масштабованість та підтримку стандартних методів попередньої обробки. Важливо забезпечити сумісність розроблених імпутерів з існуючими компонентами бібліотеки, наприклад, з MinMaxScaler для масштабування та RandomForestClassifier для класифікації. Авторами запропоновано методи імпутування на основі машинного навчання [1] та ентропійного підходу [2]. Надалі потрібно оформити ці рішення з підтриманням стандартних архітектурних вимог бібліотеки Scikit-learn.

Архітектура Scikit-learn вимагає, щоб усі трансформери, зокрема імпутери, реалізовували стандартні методи fit, transform та були сумісні з pipeline для спрощення інтеграції в процеси машинного навчання. Основні вимоги до нових класів імпутерів такі:

1. Наслідування базових класів: новий ім'ютер має наслідувати клас `BaseEstimator` і `TransformerMixin` з пакету `sklearn.base`, що дозволяє використовувати методи `fit`, `transform`, і `fit_transform`.

2. Методи:

- `fit(X, y=None)`: обчислює необхідні параметри для імпутації (наприклад, середнє, медіану або інші метрики);
- `transform(X)`: заповнює пропуски у вхідних даних `X`;
- `fit_transform(X, y=None)`: комбінує виклики методів `fit` і `transform`, що є стандартним для більшості трансформерів `Scikit-learn`;
- `inverse_transform(X)` (опційно): дозволяє відновити оригінальні дані після імпутації.

3. Підтримка параметрів:

- `missing_values`: значення, яке потрібно замінити (наприклад, `np.nan`, `None` або специфічне значення);
- `strategy`: стратегія імпутації (середнє, медіана, найближчі сусіди, нейронні мережі тощо);
- `add_indicator` (опційно): додає бінарний індикатор, який вказує, де були пропуски, що корисно для деяких моделей машинного навчання.

4. Pipeline сумісність: усі ім'ютери повинні бути сумісними з `pipeline` `Scikit-learn`, що означає можливість інтеграції з іншими трансформерами та моделями через послідовність викликів. Наприклад, має бути можливість використовувати ім'ютер разом із трансформерами, наприклад, `MinMaxScaler` для масштабування ознак та потім `RandomForestClassifier` для класифікації.

Було розроблено класи `UnifiedClassRegrImputer` та `RegrImputer` відповідно до методів, описаних в роботі [1] та клас `EntropyImputer` відповідно до роботи [2]. Оскільки ці класи відповідають архітектурним вимогам `Scikit-learn`, їх використання аналогічне стандартним, а також їх можна використовувати в `pipeline` разом із іншими трансформерами та моделями. У `Scikit-learn` процес підготовки даних часто здійснюється через `pipeline`, що дозволяє автоматизувати послідовні етапи трансформації та моделювання. Наприклад, для задачі класифікації з використанням

RandomForestClassifier з попередньою імпутацією та масштабуванням ознак при застосуванні розробленого класу RegrImputer потрібно написати наступний код на мові програмування Python:

```
from sklearn.pipeline import Pipeline
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from zo_imputers import RegrImputer # Новий імп'ютер
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
# Створення pipeline з імпутацією, масштабуванням та класифікацією
pipeline = Pipeline([
    ('imputer', RegrImputer (measure='value')),
    ('scaler', MinMaxScaler()),
    ('classifier', RandomForestClassifier(n_estimators=100))
])
# Навчання та прогнозування
pipeline.fit(X_train, y_train)
predictions = pipeline.predict(X_test)
```

Серед переваг підходу можна виділити модульність, масштабованість та гнучкість. Користувачі можуть легко додавати або змінювати компоненти pipeline, вибираючи різні методи імпутації або моделі.

Таким чином, запропоновані методи імпутації пропусків інтегруються в архітектуру Scikit-learn, відповідають вимогам сумісності з pipeline, підтримують масштабування та забезпечують високу гнучкість при вирішенні задач класифікації.

Бібліографічні посилання

1. Земляний О.Д., Байбуз О.Г. Методи імпутування пропусків у даних про ішемічну хворобу серця // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 2(151). – Дніпро, 2024. – С.33 – 49. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-151-2024-04>
2. Земляний О.Д., Байбуз О.Г. Порівняння багатопроцесорної та багатопоточної реалізацій ентропійного підходу для імпутування пропусків у даних на мові програмування Python // Виклики та проблеми сучасної науки [Електронний ресурс]: зб. наук. пр. – Дніпро: [б.в.], 2024. – Т. 2. – С. 300 – 304. – Режим доступу: <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/131/159>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ БІНАРИЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Зновенко І.В., znovenko.i19@365.dnu.edu.ua

Шевельова А.Є. shevelevaee@dnu.dp.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Бінаризація – це метод перетворення будь-якого зображення у відтінках сірого (багатокольорове зображення) на чорно-біле зображення (двокольорове зображення). Щоб виконати процес бінаризації, спочатку знаходимо граничне значення шкали сірого та перевіряємо, чи має піксель певне значення сірого чи ні. Якщо значення сірого пікселя перевищує граничне значення, ці пікселі перетворюються на білі. Так само, якщо значення сірого пікселів менше порогового значення, ці пікселі перетворюються на чорні.

Бінаризація використовується: для зображення, яке на перший погляд є чорно-білими, а насправді воно у відтінках сірого, для того, щоб це зображення перетворити на реальне чорно-біле і тим самим зробити більш чітким зображення, та скоротити його об'єм (наприклад, документи); для медичних знімків, для того, щоб виділити більш чітко потрібні області; для аерокосмічних знімків для того, щоб виділити більш чітко цікаві для дослідника області.

Техніку бінаризації можна розділити на дві категорії: глобальну та локальну. Найбільш відомий глобальний метод був запропонований Оцу [1]. Основна ідея полягає у поділі гистограми зображення на два кластери з порогом, що визначається в результаті мінімізації зваженої дисперсії цих класів, позначеної як $\sigma_{\omega}^2(t)$.

Розрахункове рівняння можна описати так:

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t),$$

де ω_i – це ймовірності двох класів, розділених порогом t – це значення яке знаходиться в діапазоні від 0 до 255 включно, σ_i^2 – дисперсія цих класів.

Адаптивна бінаризація є технікою, яка дозволяє автоматично визначати поріг бінаризації для кожного пікселя в зображенні залежно від його локального контексту. Гарним прикладом є метод Sauvola [2].

Даний метод запобігає накладенню шуму на об'єкт і дає більш точне відокремлення від фону. Згідно з цим методом зображення обробляється за допомогою концентричного вікна з радіусом R . Зазвичай форма вікна приймається квадратною. Вікно послідовно зліва направо зверху вниз накладається на зображення з рівним кроком діаметру. Для вікна розраховується поріг за формулою:

$$T = m * \left(1 - k * \left(1 - \left(\frac{s}{R} \right) \right) \right), \text{ де:}$$

- k – параметр, що контролює чутливість методу до локального контрасту. Зазвичай варіюється в межах від 0 до 1. Найчастіше значення 0,5.
- R – параметр, що визначає рівень освітлення, радіус обробки зображення, динамічна величина, яка зазвичай дорівнює 128.
- m – локальне середнє значення (середнє освітлення) у локальному вікні,
- s – локальне стандартне відхилення (локальний контраст) у локальному вікні.

Параметри k та R можна налаштувати для досягнення бажаного результату залежно від типу зображення та умов застосування.

Список використаних джерел

1. Гансалес Р.С., Вудс Р.Є. Світ цифрової обробки / Пер. з англ. Л.І. Рубанова, П.А. Чочіа. – К., 2012. – С. 860-865, 382-383, 369-370
2. Про метод Сауволла [Електроний ресурс] – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1019/1/012022/pdf>

ЗАПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ LEAN SIX SIGMA У БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ ПІДПРИЄМСТВ

Золотько К.Є., Андрєєв Д.А., denisandreev1611@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Сучасні організації, що займаються розробкою програмного забезпечення, стикаються з викликами, подібними до виробничих підприємств, зокрема зі змінами попиту, підвищеними витратами та жорсткою конкуренцією на ринку. Ефективне управління процесами розробки та їх оптимізація є важливим завданням для досягнення успіху. Методи Lean Six Sigma (LSS), які традиційно використовуються в виробничих процесах, можуть бути ефективно застосовані й у розробці програмного забезпечення

У рамках методології Lean Six Sigma, значна увага приділяється математичному підходу до вимірювання якості процесу розробки програмного забезпечення. Один з ключових алгоритмів, який можна застосувати в процесах розробки програмного забезпечення, — це DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control).

Define - чітко визначити проблеми в процесі розробки, які потребують уваги. Наприклад, визначення частоти дефектів у коді або проблеми з виконанням проектних термінів.

Measure - збір даних про поточний стан процесу для вимірювання його ефективності. Наприклад, застосування формули обчислення Defects Per Million Opportunities (DPMO), яка виглядає так:

$$DPMO = \left(\frac{\text{Кількість дефектів}}{\text{Кількість можливостей для виникнення дефекту}} \right) * 10^6$$

Тут можливість — це будь-яка подія, що може призвести до дефекту.

Analyze - аналіз зібраних даних для виявлення причинно-наслідкових зв'язків. Використання статистичного аналізу, як наприклад, аналіз варіації або кореляційний аналіз, для ідентифікації кореневих причин проблем.

Improve -впровадження рішень для виправлення виявлених проблем та оптимізації процесів. Застосування математичного моделювання або симуляції для прогнозування впливу запропонованих змін.

Control - моніторинг проведених змін для забезпечення сталості процесу та якості. Використання контрольних карт, як інструменту статистичного контролю процесу (SPC), для перевірки стабільності процесу. Цей підхід забезпечує структуроване та математично обґрунтоване вирішення проблем, що дозволяє значно підвищити якість продукту та ефективність процесів розробки програмного забезпечення. Крім того, LSS забезпечує системний підхід до покращення якості програмного продукту, використовуючи статистичні методи для ідентифікації та виправлення помилок.

Виробничі підприємства можуть застосовувати методи Six Sigma для аналізу даних про якість продукції та виявлення факторів, що призводять до дефектів, що дозволяє вжити відповідних заходів для підвищення якості своєї продукції. Загальне застосування Lean Six Sigma дозволяє не лише оптимізувати процеси розробки ПЗ, а й покращити якість кінцевого продукту, задоволеність клієнтів та конкурентоспроможність на ринку. Це робить методіку LSS ключовим інструментом для досягнення успіху.

ЗАПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СУЧАСНІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ

Золотько К.Є., Андрєєв Д.А., denisandreev1611@gmail.com
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасному бізнес-середовищі, ефективні методи аналізу даних є ключовим фактором для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень. В цьому контексті, впровадження штучного інтелекту (ШІ) у процеси аналізу даних набуває особливого значення. Однією з найбільш актуальних проблем сучасних проектів є потреба в обробці та аналізі великих обсягів даних, що надходять з різних джерел. Традиційні методи аналізу даних часто не можуть забезпечити потрібної швидкості та точності у обробці інформації, що ускладнює оперативне прийняття рішень та знижує конкурентоспроможність компаній на ринку.

Впровадження штучного інтелекту дозволяє автоматизувати та оптимізувати процеси обробки даних, що призводить до скорочення часу виконання завдань та підвищення оперативності прийняття рішень. Використання методів машинного навчання, таких як нейронні мережі та алгоритми глибокого навчання, сприяє виявленню прихованих закономірностей у даних, що покращує якість аналітичних висновків та підвищує достовірність інформації. Автоматизація рутинних завдань, прогнозування та аналітика, персоналізація послуг та оптимізація маркетингу та реклами — це лише деякі з методів, які можна успішно застосовувати з використанням ШІ у бізнесі. Наприклад, у фінансовій сфері алгоритми машинного навчання можуть бути використані для автоматизації процесів аналізу ринку, а системи прогнозування попиту для продуктових компаній можуть допомогти оптимізувати запаси товарів та управляти виробництвом.

Тому саме застосування алгоритмів кластеризації та класифікації в ШІ також сприяє підвищенню безпеки даних, і тим самим запобігаючи можливим загрозам та порушенням безпеки, що є важливим аспектом для сучасних компаній. Наприклад, банки використовують алгоритми машинного навчання для аналізу кредитного ризику, що допомагає їм приймати більш обґрунтовані рішення.

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ СУЧАСНИХ КОРПОРАТИВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Золотько К.Є., zolotko_kkt@dsu.dp.ua

Красношарпа Д.В. krasnoshapka_kkt@dnu.dp.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара www.dnu.dp.ua)

Проектування програмного забезпечення для сучасних комерційних корпоративних систем потребує врахування безлічі технічних, організаційних та бізнес-факторів. Основні особливості, на які варто звернути увагу при розробці таких систем, є масштабованість, безпека, підтримка інтеграції, зручність для користувачів (UX/UI), економічна ефективність та ін.

Ці особливості допомагають створити ефективні і стійкі корпоративні системи, які можуть масштабуватися разом з бізнесом і відповідати вимогам ринку, що постійно змінюються.

Відповідно, проектування корпоративних інформаційних систем (КІС) вимагає застосування низки технологій та підходів, щоб задовольнити ці вимоги. При цьому нині використовуються такі основні технології.

1. Мікросервісна архітектура. КІС поділяється на незалежні сервіси (мікросервіси), кожен з яких виконує своє завдання та взаємодіє з іншими через API. Переваги: спрощення розробки, тестування та розгортання, гнучкість масштабування окремих частин системи, незалежність технологій для кожного мікросервісу. Приклади технологій: Docker, Kubernetes для контейнеризації; REST, gRPC для взаємодії.

2. Платформи для інтеграції даних та процесів. Інтеграція з іншими системами (CRM, ERP, SCM тощо) та спрощення обміну даними. Переваги: централізація даних, підвищення злагодженості між підрозділами, прискорення доступу до інформації. Приклади технологій: Apache Kafka, RabbitMQ.

3. Cloud-технології та мультихмарні рішення. Використання хмарних інфраструктур (IaaS, PaaS) для гнучкості та масштабованості. Переваги: оплата при використанні, швидке масштабування, мінімізація витрат на інфраструктуру.

4. DevOps та CI/CD (Continuous Integration/Continuous Deployment). Автоматизація складання, тестування та розгортання програм для прискорення випуску оновлень. Переваги: швидкий цикл розробки, зменшення кількості помилок, спрощене тестування та відкат змін.

5. Бази даних із підтримкою горизонтального масштабування. Використання систем керування базами даних, які можуть масштабуватись горизонтально. Переваги: збільшення продуктивності, здатність обробляти великі обсяги даних. Приклади технологій: NoSQL бази даних (MongoDB, Cassandra), NewSQL бази (Google Spanner, CockroachDB).

7. Машинне навчання та штучний інтелект. Використання моделей ML та AI для аналізу даних, автоматизації та передбачуваної аналітики. Переваги: оптимізація бізнес-процесів, поліпшення досвіду користувача, автоматизація прийняття рішень.

8. Розробка програм з низьким кодом (Low-code/No-code). Платформи для швидкого розробки програм з мінімальним програмуванням. Переваги: прискорення розробки, зменшення залежності IT-команди. Приклади технологій: OutSystems, Microsoft Power Apps, Appian для створення програм без глибоких знань у програмуванні.

Вибір конкретної технології проектування ефективних, масштабованих і надійних корпоративних інформаційних систем, які можуть адаптуватися до вимог бізнесу, що швидко змінюються, залежить від необхідності реалізації тих чи інших вимог і особливостей, які іноді суперечать один одному.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СПЕЦІАЛІЗОВАНОМУ ОСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ

Зрілий В.К., vladzrelyu666@gmail.com,

Волошко В.Л., VVL56@i.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Досвід роботи адміністратором електронної шкільної системи "Єдина Школа" показав шляхи удосконалення та автоматизації ключових процесів управління навчальним закладом. Мета роботи – забезпечення безперебійної роботи системи, впровадження інноваційних рішень для покращення адміністрування, моніторинг успішності учнів і вчителів, а також організація навчального процесу. Процес її удосконалення відіграє важливу роль у цифровізації освіти в Україні та є невід’ємною частиною дистанційного навчання. Система надає можливість автоматизованого створення та управління навчальними групами й розкладами, що допомагає уникати помилок при їх ручному складанні. Апробація системи була проведена під час створення та адаптації понад 15 навчальних груп, при цьому розроблялись індивідуальні комп’ютерні технології для їх організації. Однією з важливих функцій системи є ведення документації, виставлення оцінок і автоматизоване формування звітів про успішність учнів, що дозволяє адміністрації в реальному часі бачити всі зміни в документах і навчальному процесі.

Впровадження нових інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) полягало у використанні хмарних рішень, що дозволяє зберігати дані в безпечному середовищі і забезпечувати доступ до них з будь-якого пристрою. Крім цього, ІКТ дозволили інтегрувати систему з іншими платформами, що забезпечує безперервність навчального процесу шляхом підтримки постійного зв’язку між учнями, вчителями та адміністрацією в будь-яких умовах. Важливим напрямом роботи стало вдосконалення інтерфейсу системи, та розробка інструкцій для користувачів.

Ще одним важливим напрямком роботи була розробка алгоритмів синхронізації даних між модулями системи, що дозволило зменшити затримки в оновленні інформації. Це особливо важливо під час періодів високого навантаження, таких як екзамени або атестації. Завдяки новим алгоритмам, користувачі отримували актуальні дані в реальному часі, що підвищило загальну ефективність роботи системи. Крім цього, були створені шаблони для ведення електронних журналів і звітів, що дозволило зменшити навантаження на вчителів і адміністрацію, а також підвищити точність документації.

Серед основних викликів в процесі роботи над системою були технічні збої через перевантаження серверів. Це призводило до затримок у роботі вчителів та учнів. Щоб вирішити цю проблему, було впроваджено систему резервного копіювання даних, яка гарантує їх безпеку та доступність, навіть, у разі виникнення технічних проблем. Доцільним було впровадження багаторівневої системи аутентифікації, що забезпечило захист даних від несанкціонованого доступу.

У перспективі подальший розвиток системи "Єдина Школа" полягає в інтеграції з іншими освітніми платформами, що дозволить створити єдине інформаційне середовище для учасників освітнього процесу. Також важливим є впровадження нових модулів для автоматизації атестації, оцінювання компетенцій учнів і організації позакласних заходів.

Висновки. Адміністрування системи "Єдина Школа" та вдосконалення її функціоналу дозволяє підвищивши продуктивність роботи освітнього закладу. Постійна робота над системою дозволяє впровадити інноваційні рішення для оптимізації адміністрування, зменшити навантаження на персонал і підвищити ефективність навчального процесу. Цей досвід роботи свідчить, що система має великий потенціал для подальшого розвитку. Важливим для цього залишаються активна робота та експерименти, наслідком яких буде удосконалення освітнього процесу, об'єктивне оцінювання результатів навчання, економічний результат, ефективне управління і безпека освітнього середовища.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКУ ВІДМОВИ У ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЯХ

Івашко Я. Д., yaroslav.ivashko@gmail.com,

Мацуга О. М., olga.matsuga@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Великі мовні моделі (LLM), що значно розвинулися за останні роки, стають дедалі популярнішими та широко використовуваними. Вони здатні розуміти та генерувати текст різними мовами, що робить їх незамінними у різних сферах – від обробки природної мови до автоматизованих перекладів і створення контенту. Завдяки своїй гнучкості у застосуванні, великі мовні моделі активно використовуються для розв’язання задач у багатьох індустріях.

Водночас, розуміння принципів роботи цих моделей залишається обмеженим, і часто їх сприймають як “чорні скриньки”. Поліпшення розуміння (інтерпретованості) цих моделей є важливим напрямком досліджень, адже це дозволить підвищити рівень довіри до них, зменшити ризики упередженості та покращити їх продуктивність. Тому дане дослідження, спрямоване на розумінням внутрішньої роботи великих мовних моделей, є актуальним.

Цікава для дослідження ідея полягає у припущенні, що в залишкових потоках великих мовних моделей закодовані певні абстрактні ознаки. На першому шарі ці ознаки є простими, на рівні окремих токенів. Проходячи через проміжні шари, ознаки стають більш абстрактними. На пізніших шарах збагачені ознаки перетворюються на відповідні вихідні токени.

Популярним методом виділення цих ознак є різниця середніх (difference in means, mean difference) [1]. Для обчислення цієї різниці спочатку створюють два датасети: датасет $D_{озн}$, в якому присутня певна ознака, та датасет $D_{норм}$, де її немає. Далі вимірюють активації моделей на N прикладах з обох датасетів та обчислюють середні значення цих активацій. Щоб отримати вектор r , що репрезентує певну ознаку, від

вектора середніх активацій на $D_{норм}$ віднімають вектор середніх активацій на $D_{озн}$.

Отримавши вектор r , можна впливати на поведінку моделі. Наприклад, віднявши вектор r від активацій моделі (це називається абляцією, ablation), можна досягти того, що модель не буде генерувати ознаку. Також можна вирішити зворотне завдання – додавши цей вектор до активацій моделі, змусити її завжди генерувати цю ознаку.

Однією із абстрактних ознак, яку можна дослідити, є відмова [2]. Великі мовні моделі зазвичай налаштовані виконувати лише безпечні інструкції. Це означає, що моделі виконують доброзичливі запити, але відмовляють у шкідливих. Знайшовши “напрямок відмови”, можна обійти це обмеження.

Під час роботи було знайдено “напрямок відмови” в чат-моделі Qwen-1.8B. Шляхом підрахунку різниці середніх було виявлено один напрям, видалення якого з активацій залишкового потоку моделі заважає їй відмовляти у виконанні шкідливих інструкцій.

Бібліографічні посилання

1. Rinsky N., Gabrieli N., Schulz J., Tong M., Hubinger E., Turner A. Steering Llama 2 via Contrastive Activation Addition. *Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2024. Vol. 1: Long Papers. P. 15504–15522. DOI: 10.18653/v1/2024.acl-long.828.
2. Arditi A., Obeso O., Syed A., Paleka D., Panickssery N., Gurnee W., Nanda N. Refusal in Language Models Is Mediated by a Single Direction. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2406.11717>.

АНАЛІЗ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦІЇ ЛАНДШАФТУ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМІВ ЕРОЗІЇ ПОВЕРХОНЬ

Ільяшенко Є.В., eg.ilyashenko@gmail.com, Степанова Н.І.

Дніпровський Національний Університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Одне із ключових завдань тривимірного графічного дизайну – це створення реалістичних і деталізованих ландшафтних поверхонь. Віртуальні ландшафти використовуються у багатьох сферах: кінематографії, ігровій індустрії, симуляторах, тренажерах, на будівництві.

Класичний спосіб створення такої поверхні – заповнення власноруч із застосуванням карти висот. Такий спосіб має певні переваги, але й багато недоліків. Кожну поверхню потрібно намалювати окремо, що вимагає багато часу навіть у разі середнього рівня її деталізації.

Альтернативний підхід до створення ландшафту – процедурна генерація поверхонь. Процедурна генерація є інноваційним методом, що дозволяє автоматично створювати складні ландшафти за допомогою алгоритмів та математики. Цей підхід зазвичай ґрунтується на використанні псевдовипадкових шумів, що дозволяє досягти високого рівня варіативності. Однак такі поверхні не завжди є реалістичними. Реальні ландшафти формуються під впливом фізичних процесів (вітер, ерозія, зсув літосферних плит). Тому є доречним і для генерації поверхонь застосувати аналогічні підходи. Один із варіантів генерації ландшафту – симуляції ерозії дощем на поверхні, поданої як двовимірна карта висот.

Алгоритми ерозії поверхонь імітують природні процеси і дозволяють створювати реалістичні і динамічні поверхні, які виглядають природньо і переконливо. Ерозія поверхонь додає деталізацію і складність до процедурно згенерованих ландшафтів, роблячи їх більш реалістичними. Симуляція гідравлічної ерозії моделює взаємодію води з поверхнею, включаючи процеси депонування та транспортування матеріалів.

Хоча природній процес гідравлічної ерозії відбувається «крапля за краплею», необов'язково у точності його копіювати під час симуляції. Це дозволить задіяти апаратні потужності обчислювальної системи і значно пришвидшити виконання алгоритму.

У дослідженні проведено аналіз різних методів гідравлічної ерозії щодо швидкості виконання та реалістичності отриманих результатів. Серед розглянутих підходів більш ретельно досліджено два алгоритми, які є однаковими за природою процесу, але різними за принципом дії.

Перший алгоритм – гідравлічна ерозія індивідуальними каплями дощу. Транспортування речовини відбувається миттєво разом з рухом кожної окремої краплі. Цей метод фактично копіює фізичний процес гідравлічної ерозії, але виключає можливість виконання обчислень у паралельному режимі.

Другий алгоритм використовується той самий фізичний принцип, але може працювати більш ефективно. Поверхня подається площиною, покритою однаковою товщею води. Кожна крапля води виконує одну ітерацію руху на площині і як результат зберігається кількість перенесеної краплею речовини. Результати обчислень для окремих крапель комбінуються наприкінці ітерації і вже потім накладаються на поверхню. У даному випадку обчислення можна перенести на GPU, що дозволить значно пришвидшити отримання результату на ітераціях.

Бібліографічні посилання

1. Simulating erosion drop by drop – Режим доступу: <https://blog.iaac.net/drop-by-drop-simulate-erosion/>
2. Simulating hydraulic erosion of terrain – Режим доступу: <https://gameidea.org/2023/12/22/simulating-hydraulic-erosion-of-terrain/>

ПОБУДОВА ПРЕДИКТИВНОЇ МОДЕЛІ МОЗКОВОЇ АКТИВНОСТІ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ЕЕГ ТА ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Інкін О.А., Білозьоров В.Є.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Дослідження області мозку безперервно продовжують накопичувати досвід людського пізнання процесів перебігу та мінливості активності та взаємозв'язку нейронів в різноманітних структурах кори. Були розроблені відповідні способи отримання інформації про цю активність, в тому числі неінвазивний метод реєстрації – електроенцефалограма (ЕЕГ). Перевагами даного методу є відносна доступність та висока роздільна здатність сигналів, які в той же час контрастують з наявністю одностороннього погляду на активізацію нейронів та звуженням параметричного простору. Для вирішення наявних недоліків, що є передумовою до створення більш точних та якісних експертних систем аналізу ЕЕГ, в тому числі нейромереж, які її моделюють, пропонується створити низку заходів для предиктивного моделювання активності мозку.

Отримані попередньо необроблені дані необхідно розмаркувати (за наявності патернів маркування) та обрати відповідний монтаж порівнянь потенціалів (біполярний, поперечний, окружний і т.д.). Окрім того, накладається ряд загальноприйнятих фільтрів для позбавлення даних від різноманітних шумів. Для наступного кроку моделювання створюється бібліотека монтажу з подальшою математичною обробкою [1]. Очікуваним значенням результату обробки є множина параметрів (розмірність якої визначає експертною оцінку). Бібліотека параметрів виступає вхідними вагами для сімейства нейромереж, які моделюють активність мозку та порівнюється їх точність відносно початковий даних. Серед отриманих результатів обирається більш якісна модель яка перевіряється на інших пацієнтах.

Отримані результати моделювання потребують дослідницької практики та інтеграції в реальні системи ЕЕГ. Також, не гарантують можливості до прогнозування аномальної поведінки мозку у випадку різноманітних хвороб, так як фіксується та обробляється лише коркова активність. В свою ж чергу, наближають розширення простору саме тих параметрів, які можуть моделювати кінематику активності нейронів.

[1] Belozyorov V.Ye., Inkin O.A. Systems of singular differential equations as the basis for neural network modeling of chaotic processes -- Journal of Optimization, Differential Equations and Their Applications (JODEA). 2023.- V. 31 (2).- P. 24-49.

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР В
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СОНЯЧНОМУ КОЛЕКТОРІ З
ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ**

Каруна С.М., sergeykaruna2@gmail.com, Книш Л.І.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Сучасні енергетичні проблеми спонукають до пошуку та розвитку усіх джерел енергії, серед яких є сонячні термодинамічні системи. Такі системи поділяються на високотемпературні для промислового виробництва пари та електроенергії та низькотемпературні для опалення будівель й підігріву води.

Об'єктом цього дослідження є низькотемпературний сонячний колектор із параболоциліндричним концентратором. У фокусі концентратора розташований трубчатий теплообмінник, всередині якого рухається теплоносіє. Метою дослідження є створення математичної моделі, що описує динаміку зміни температури теплоносія вздовж трубчатого каналу.

Модель будувалася в лінійній та нелінійній постановці. У лінійній постановці отримано аналітичний розв'язок за допомогою методу Бернуллі. Це дало змогу визначити залежність температури теплоносія від теплоємності теплоносія, швидкості його руху та щільності теплового потоку. У нелінійній постановці, що врахувала вплив радіаційної та конвективної тепловіддачі, задача розв'язувалась чисельно методом Рунге-Кутти четвертого порядку.

Числове моделювання проводилося в середовищі Maple. Було проаналізовано вплив різних параметрів на температуру теплоносія та визначено оптимальні геометричні характеристики системи, які забезпечують максимальні енергетичні показники.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР ВСЕРЕДИНІ СФЕРИ

Каруна С.М., sergeykaruna2@gmail.com, Книш Л.І.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У задачах математичної фізики важливе місце займає дослідження нестационарного розподілу температур у тілах різних геометричних форм. У даній роботі об'єктом дослідження є сферичне тіло певного радіусу з відомим початковим розподілом температур та заданим розподілом температур на границі.

Математична модель такого процесу була побудована на основі нестационарного рівняння теплопровідності в сферичних координатах, яке розв'язано аналітичним та числовим методом. На першому етапі дослідження модель було розв'язано методом відокремлення змінних Фур'є з граничними умовами Діріхле, що дозволило отримати аналітичний розв'язок для температурного поля всередині сфери у вигляді степеневого ряду. Проведено параметричне дослідження аналітичного розв'язку відповідної задачі з використанням комп'ютерного програмного середовища Maple. Це дозволило визначити розподіл температур всередині сфери в залежності від часу та від радіусу та вплив теплофізичних параметрів сфери на швидкість її охолодження та нагрівання.

На другому етапі задача була розв'язана числовим методом, який передбачає використання граничних умов різного типу. Числовий розв'язок знаходився з використанням вбудованої функції «pdsolve» ядра системи Maple. Проведено аналіз та візуалізація числових та аналітичних даних. Зроблена верифікація отриманого числового розв'язку шляхом порівняння з тестовою задачею, яка розв'язана аналітичним методом. Спостерігалось задовільне узгодження числових та аналітичних даних.

ГЕОМЕТРІЯ ТА МЕТАЕВРІСТИКИ

Козін І.В., ainc00@gmail.com, *Запорізький національний університет*
Алексєєв А.В., testmailupo@gmail.com,
Навчально-науковий інститут ВНП "Дніпровський гуманітарний університет"

Наявність метрики дозволяє узагальнити визначення низки геометричних об'єктів, які добре знайомі у кінцевому лінійному просторі з евклідовою метрикою. Однак, якщо метрика не є евклідовою, то відповідні об'єкти набувають іншого вигляду. У роботі розглянуті такі об'єкти, як куля, відрізок, опукла множина, показано, як вони виглядають у різних метричних просторах та описані можливості використання цих об'єктів при побудові різних метаеврїстик.

Опуклість множини в метричному просторі може опуклість визначатися на основі двох підходів. По-перше, з погляду класичного визначення опуклої множини в евклідовому просторі. А саме: опуклою множиною в метричному просторі X називається множина точок цього простору, яка разом з будь-якими двома своїми точками містить усі точки відрізка, що з'єднує ці точки. Інший підхід ґрунтується на аксіомах спадковості. Показано, що багато відрізків метричного простору утворюють структуру зі спадковістю. В роботі досліджено властивості цієї структури.

Такі поняття, як опуклість і коло у метричному просторі дозволяють запропонувати деякі універсальні підходи до опису метаеврїстик для різних класів екстремальних задач. Частина цих метаеврїстик є узагальненням відомих метаеврїстик у евклідовому просторі. Але значний інтерес мають метаеврїстики для складних дискретних оптимізаційних задач [1,2].

Література

1. A.Moraglio R/Poli, Topological Crossover for the Permutation Representation// *Intelligenza Artificiale*, – 2011. volume 5, issue 1, –P. 49-70.
2. I.V. Kozin, N. K. Maksyshko, V. A. Perepelitsa Fragmentary Structures in Discrete Optimization Problems, *Cybernetics and Systems Analysis* November 2017, Volume 53, Issue 6, P 931–936. <https://doi.org/10.1007/s10559-017-9995-6>

МЕТОД МОНТЕ КАРЛО ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ СТОХАСТИЧНИХ РІВНЯНЬ

Коренський Я.О., korenskijaroslav@gmail.com,

Волошко В.Л., VVL56@i.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Метод Монте-Карло (ММК) є потужним інструментом для моделювання та аналізу стохастичних систем, які важко досліджувати за допомогою аналітичних методів. В основі методу лежить використання випадкових чисел для проведення численних ітерацій, що дозволяє отримати статистично значимі результати щодо поведінки систем. ММК знайшов широке застосування у фінансовому аналізі, фізиці, інженерії, біології при обчисленні інтегралів [1] та знаходження випадкових параметрів.

Метою даної роботи є дослідження можливостей методу Монте-Карло для оцінки параметрів стохастичних систем, аналіз його переваг та недоліків, а також оцінка ефективності цього методу в порівнянні з іншими підходами.

Для цього використовуються випадкові вибірки, які виникають при моделюванні складних процесів. Основні етапи методу включають:

1. Генерація випадкових величин чисел, які представляють можливі стани системи.
2. Використання цих випадкових чисел для розрахунку значень параметрів системи.
3. Статистичний аналіз: обчислення середніх значень, дисперсії та інших характеристик для отримання статистично значимих результатів.

Постановка задачі: оцінка вартості європейського колл-опціону на основі моделі ціноутворення Блека-Шоулза з використанням методу Монте-Карло. Формула для цієї оцінки має вид: $C = e^{-rT} E[\max(S_T - K, 0)]$, де: S_T — ціна активу в момент часу T , K — страйк-ціна опціону, r —

безризикова ставка, T — час до погашення опціону, $E[\cdot]$ — математичне сподівання.

Ціну активу S_T можна моделювати за допомогою стохастичного процесу Гейстона (геометричного броунівського руху): $S_T = S_0 \cdot e^{(r - \frac{1}{2}\sigma^2)T + \sigma\sqrt{T}Z}$, де: S_0 — поточна ціна активу, σ — волатильність, Z — стандартна нормально розподілена випадкова величина. Для проведення експерименту візьмемо такі параметри: поточна ціна активу (S_0) = 100, страйк-ціна (K) = 105, час до погашення (T) = 1 рік, волатильність (σ) = 20% (0.2), безризикова ставка (r) = 5% (0.05), кількість ітерацій Монте-Карло = 100,000. Результати чисельного експерименту для оцінки вартості європейського колл-опціону за методом Монте-Карло :

1. Точність оцінки: середня вартість опціону становить 8.03, що є доволі близьким до розрахунку за моделлю Блека-Шоулза.
2. Значення стандартного відхилення вказує на розкид можливих значень прибутку, що є типовим при використанні випадкових чисел.
3. Невелике значення стандартної похибки свідчить про високу точність оцінки, особливо з урахуванням великої кількості ітерацій.
4. Значення коефіцієнту варіації 1.73 показує, що відносна похибка все ще є достатньо високою, але прийнятною для методів моделювання.

Чисельні результати показали, що метод Монте-Карло при великій кількості ітерацій забезпечує достатню точність оцінки вартості опціону, яка збігається з аналітичними розрахунками моделі Блека-Шоулза. Точність методу значно покращується зі збільшенням кількості ітерацій, що відповідає теоретичним очікуванням. При достатній кількості ітерацій розподіл результатів наближається до нормального, що свідчить про статистичну стійкість методу.

Бібліографічні посилання

1. Конспект лекцій з дисципліни «Чисельні методи» [Електронний ресурс] / уклад. Л.Л. Гарт. – Д.: ДНУ, 2014. – 78 с.

ЗАДАЧА З ТРЬОМА КРИТЕРІЯМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА

Корж А.К., antoshkakorzh@gmail.com

Волошко В.Л., VVL56@i.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В сучасному світі, де посилюється конкуренція, ефективне управління ресурсами підприємств набуває особливої актуальності. Традиційні методи оптимізації, які зосереджуються на одному критерії, не завжди дають оптимальне рішення для досягнення кількох взаємопов'язаних цілей. Виникає задача врахування кількох критеріїв, а це передбачає створення методології, яка дозволяє приймати обґрунтовані рішення з урахуванням всіх факторів, що впливають на діяльність підприємства.

Методи багатокритеріальної оптимізації стають невід'ємною частиною процесу прийняття рішень в економіці, вони дозволяють врахувати кілька критеріїв одночасно, що відображає реальну ситуацію в управлінні підприємством. Наприклад, управління фінансами підприємства включає балансування між максимізацією прибутку, мінімізацією витрат та раціональним використанням ресурсів.

Задача багатокритеріальної оптимізації полягає у знаходженні такого вектору змінних, який задовольняє обмеження, оптимізує цільові функції та забезпечує прийнятний розв'язок постановленої задачі.

У випадку оптимізаційної задачі з кількома критеріями, зазвичай, ніяка альтернатива не може «поліпшити» значення однієї цільової функції, не погіршивши при цьому значення хоча б однієї іншої. Такі альтернативи називаються оптимальними за Парето. Саме серед множини оптимальних за Парето альтернатив і слід шукати розв'язок задачі багатокритеріальної оптимізації. Однак, яку саме альтернативу обрати, сказати не можна, для цього потрібне застосування зазначених нижче методів [1,2].

Метод головного критерію — це простий і ефективний спосіб розв'язання задачі з двома різнорідними критеріями, коли потрібно вибрати одне оптимальне рішення з урахуванням головного пріоритетного критерію. Він дозволяє звести задачу з декількома цільовими функціями до одного критерію з додатковими обмеженнями.

Метод послідовних поступок дозволяє системно досліджувати компроміси між різними цілями і знаходити оптимальні рішення, які враховують усі обмеження і вимоги задачі. Суть методу полягає в заміні багатокритеріальної задачі на послідовність задач з одним критерієм з поступовим звуженням області допустимих альтернатив за рахунок додаткових обмежень, де враховано вимоги критеріїв.

Метод згортки є ефективним підходом до розв'язання багатокритеріальних задач, бо дозволяє знизити їх складність. Для цього задача зводиться до розгляду однієї цільової функції таким чином, що значення всіх критеріїв враховуються через їх вагу.

Отримані розв'язки дозволяють підприємствам ефективно використовувати ресурси та досягати максимальних результатів, що сприяє їх конкурентоспроможності. Також важливо зазначити і враховувати, що методи багатокритеріальної оптимізації мають багато особливостей, тому аналіз отриманих результатів є необхідним для їх можливого подальшого застосування.

Бібліографічні посилання

1. Ус С.А. Системи та методи прийняття рішень. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами спеціальності «Системний аналіз». – Дніпро: Вид.«НГУ», 2013. – 15 с.
2. Ус С.А., Коряшкіна Л.С. Моделі і методи прийняття рішень. – Дніпро: Вид. «НГУ», 2014. – 59 с.

**ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ
ІНФОРМАЦІЙНИХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ РАСТРОВИХ
ЗОБРАЖЕНЬ**

Корчинський В.М., korchins50k@i.ua

Тимченко О.С., tymchenko_o@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Растрові зображення дистанційного зондування (ДЗ) фіксуються у значній кількості спектральних інтервалів електромагнітного проміння – носія видової інформації. Ефективність передачі таких даних по інформаційному каналу з обмеженою частотною смугою за наявності каналних шумів суттєво залежить від обсягу даних, що передаються. З позицій прикладного тематичного аналізу отриманих видових даних використання сукупності зображень, отриманих в усій множині спектральних інтервалів, є надлишковим. Це зумовлює постановку двоєдиної проблеми оптимізації пропускної здатності інформаційного каналу передачі шляхом компресії вихідних багатоспектральних даних за критеріями мінімізації відмінності вихідного та отриманого сигналів й залишкового шуму за умови збереження рівня інформативності та геометричних структур зображень, достатнього для достовірного тематичного аналізу видових даних.

Пропонований у роботі метод управління пропускною здатністю інформаційних каналів передачі багатоспектральних зображень ДЗ базується на їх компресії розгорткою Пеано-Гільберта розподілів яскравості зображень шляхом їх подання в одному з дискретних ортогональних вейвлет-базисів на першому рівні декомпозиції та обнуленні частини коефіцієнтів розкладу, починаючи з номеру K . Використано метод збалансованого порогу обнулення, за якого залишкова енергія сигналу та кількість нульових коефіцієнтів однакові з наступним відновленням сигналу.

За варіювання порогу обнуління K змінюються як відношення «сигнал/шум» (SNR) у відновленому сигналі, так й відмінність між ним та первинним інформаційним сигналом, за оцінку якої прийнято ентропію Кульбака – Лейблера (Kullback-Leibler) [1].

Визначення порогу обнуління K формулюємо як трьохкритеріальну оптимізаційну задачу досягнення мети з цільовими функціями: $F_1(K)$ - залежність від K відстані Кульбака - Лейблера між вихідним та відновленим сигналами; $F_2(K)$ - залежність від K відношення SNR у відновленому сигналі; $F_3(K)$ - залежність від K індексу структурної схожості (SSIM-індексу) як міри збереження геометричної структури зображення [3]. Мета оптимізації: досягнення заданих значень відстані Кульбака – Лейблера, SNR та SSIM-індексу.

Для розв'язання поставленої оптимізаційної задачі використано *goal attainment method* [2] з однаковою значущістю усіх критеріїв.

Як впливає з процедури компресії, при збільшенні порогу обнуління коефіцієнтів зменшуються як потужність залишкового шуму так й відстань Кульбака-Лейблера між вихідним та відновленим сигналами. Запропонований метод забезпечує оптимальний компроміс між вимогами мінімізації інформаційної відмінності між вихідним та відновленим зображеннями та максимізації SNR й SSIM-індексу.

Бібліографічні посилання

1. MacKay J.C. Information Theory, Interference and Learning Algorithms. Cambridge: University Press, 2003. 234 p.
2. Steur R.E. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. New York: John Wiley & Sons Inc., 1986. 546 p.
3. Wang Z., Bovik A.K, Sheikh H.R., Simoncelli E.R. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*. 2014, Vol. 13, № 4. P. 600-612.

DIGITAL PAINTING, ЯК АКТУАЛЬНИЙ НАПРЯМОК СУЧАСНОГО МИСТЕЦТВА

Кочержинська А.Д.*, Сірик С.Ф.*, Лисиця Н.М.*, Шишканова Г.А.**

siryk600@gmail.com, lisitsa_natalya1971@ukr.net, shganna@ukr.net

**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)*

***Національний університет «Запорізька політехніка»*

Digital Painting (цифровий живопис) як явище існує вже декілька десятиліть і продовжує розвиватися, використовуючи новітні технології сучасних графічних редакторів. Однак, при популярності Digital Art (цифрове мистецтво) як у західних, так і у вітчизняних науковців і мистецтвознавців, Digital Painting ще не приділялося належної уваги. Digital Painting – це образотворче мистецтво, створене за допомогою комп'ютерних технологій з використанням переважно 2D-редакторів. Воно відрізняється від інших видів комп'ютерної графіки використанням прийомів, близьких до станкових видів образотворчого мистецтва, коли зображення створюється в графічних редакторах за різними принципами, але часто з імітацією традиційних технік і матеріалів, наприклад, олійних або акрилових фарб, м'яких графічних матеріалів тощо. Таким чином, Digital Painting – це результат розвитку і трансформації традиційних видів мистецтва в сучасних арт-практиках. Існує не мала кількість програмних засобів для створення Digital Painting. Наприклад, програми з вільним доступом GIMP, MyPaint, Krita, Inkscape та інші. А також комерційні – Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, CorelDraw, Painter, ArtRage, Pixarra TwistedBrush Pro Studio, Microsoft Expression Graphic Designer, OpenCanvas, Adobe Flash, SAI та інші.

Digital Painting показав свої безсумнівні відмінності перед традиційними видами образотворчого мистецтва, насамперед завдяки неймовірній гнучкості графічних редакторів, швидкості роботи та можливості внесення коректив як у сам процес створення творів, так і в остаточний результат.

**ОБРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ З ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ:
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ****Крак Ю.В.^{1,2}, Стеля О.Б.^{1,2}, Бармак О.В.³, Ковальчук О.В.³**¹ *Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*² *Київський національний університет імені Тараса Шевченка*³ *Хмельницький національний університет*

В доповіді наводяться авторські результати по дослідженню інформації, яка отримується із сигналів електрокардіограм (ЕКГ). Запропоновано два підходи до оброблення ЕКГ сигналів, виділення характеристичних ознак, аналізу і класифікації захворювань, які базуються на використанні: 1) апроксимаційних функцій і порогових методів [1,2]; та 2) сучасних методів штучного інтелекту [3,4]. Для кожного з цих підходів розроблено методи та інформаційні технології, досліджено ефективність використання таких підходів до вирішення практичних завдань, показано їх переваги і недоліки. Основні результати спрямовані на правильне знаходження R -піків у ЕКГ сигналі, як базової ознаки в аналізі захворювань.

У рамках реалізації першого підходу, розроблений оригінальний метод визначення R -піків у сигналі ЕКГ, який має суттєві переваги і відмінності від відомих порогових методів, зокрема, він є нечутливим до рівня шуму, не вимагає вирівнювання сигналів, отриманих від натільних давачів, оптимізований для використання у комп'ютерних системах обробки великих обсягів даних. Так, для визначення R -піків на даних ЕКГ беруться значення, де квадрати похідних більші певного порогового значення, причому вони знаходяться тільки для точок, де похідна є спадною, тим самим значно зменшуючи необхідні обчислювальні ресурси. Розроблена інформаційна технологія пройшла апробацію за стандартною методикою на даних бази МІТ-ВІН. На реальних даних було досягнуто точності визначення R -піків, яка наближається до 100% [5]. Таким чином, розроблений підхід вирішує важливу проблему знаходження ключової

характеристики сигналів ЕКГ, а створена, на його основі, інформаційна технологія орієнтована на використання в системах підтримки прийняття рішень для встановлення діагнозу захворювань серця, а також для оперативної оцінки роботи серця в режимі реального часу. Серед переваг запропонованого методу відзначимо: 1. Орієнтованість на конкретну людину; 2. Можливість використання для постійного моніторингу роботи серця пацієнтів, яким лікарі поставили відповідний діагноз; 3. Точне (використовуючи кусково-поліноміальні функції) визначення R -піків. 4. Можливість створення недорогих натільних систем отримання ЕКГ.

У рамках реалізації другого підходу запропоновані нові методи для покращення класифікації та інтерпретації аритмії за сигналами ЕКГ на основі згорткової нейронної мережі (CNN). Використовуючи базу даних MIT-BIH Arrhythmia Database, яка включає 48 записів від 47 пацієнтів, запропонований підхід передбачав попередню обробку сигналів ЕКГ у фрагменти та покращення архітектури CNN за допомогою шарів пакетної нормалізації та додаткового згорткового шару. Мережа була навчена та перевірена за допомогою статистичних показників, результати продемонстрували загальну точність класифікації 99,43%, з особливо високою точністю та запам'ятовуванням для нормальних ударів, ударів блоку правої гілки пучка та блоку лівої гілки пучка Гіса, досягнувши показників $F1$, близьких до 100% [6]. Розроблена CNN показала високу продуктивність у розрізненні дев'яти типів аритмій. Однак дослідження підкреслило обмеженість покладання на клінічні особливості для обґрунтування рішення, особливо у випадках перекриваючих патологій. В цілому, отримані результати свідчать про те, що запропонований підхід може служити надійним допоміжним інструментом для діагностики аритмії, пропонуючи високу точність і потенційну інтеграцію в системи моніторингу реального часу. Разом з тим засоби штучного інтелекту потребують подальшого вдосконалення для задач класифікації медичних сигналів та виявлення патологій серця за ними. Отримані результати дають

можливість розробити новий підхід до інтерпретування класифікації нейромережею в ознаках зрозумілих спеціалісту, а реалізовану інформаційну систему можна безпосередньо впровадити на натільних пристроях для моніторингу довгострокових даних ЕКГ.

Бібліографічні посилання

5. I. Krak, A. Pashko, O. Stelia, O. Barmak, S. Pavlov. [Selection Parameters in the ECG Signals for Analysis of QRS Complexes](#). Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. Khmelnytskyi, Ukraine, June 10-12, 2020. CEUR WS. Vol-2623. pp.1-13. Doi: <https://ceur-ws.org/Vol-2623/paper1.pdf>.
6. I. Krak, O. Stelia, A. Pashko, M. Efremov, O. Khorozov. Electrocardiogram Classification Using Wavelet Transformations. 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 930-933, doi: 10.1109/TCSET49122.2020.235573.
7. P. Radiuk, O. Kovalchuk, V. Slobodzian, E. Manziuk, I. Krak. Human-in-the-loop approach based on MRI and ECG for healthcare diagnosis. Proceedings of the 5th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, Lyon, France, 18-20 November: CEUR-WS.org, 2022, pp. 9–20. <https://ceur-ws.org/Vol-3302/paper1.pdf>.
8. O. Kovalchuk, V. P. Radiuk, O. Barmak, I. Krak. Robust R-peak Detection using Deep Learning based on Integrating Domain Knowledge. 6th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (IDDM'2023), November 17–19, 2023, Bratislava, Slovakia. CEUR-WS, 2023, pp. 22–37. <https://ceur-ws.org/Vol-3609/paper1.pdf/>
9. Крак Ю.В., Стеля О.Б., Єфремов М.С., Ляшко А.В. Інформаційна технологія обробки даних електрокардіограм для знаходження R-піків. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2024. № 5. С. 44-52. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2024.05.044/>
10. O. Kovalchuk, O. Barmak, P. Radiuk, Iu. Krak. ECG arrhythmia classification and interpretation using convolutional networks for intelligent IoT healthcare system. Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent and CyberPhysical Systems (ICyberPhyS 2024), Khmelnytskyi, Ukraine, 28 June 2024: CEUR-WS.org, 2024, Vol. 3736. pp. 47–62. DOI: CEUR-WS.org/Vol-3736/paper4.pdf.

ДО РОЗРОБКИ ДОВІРЧИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ЗНАНЬ ІЗ ПІДСИЛЕННЯМ КОМУНІКАЦІЇ

Кузнєцов В.О.^{1,2}, Крак Ю.В.^{1,2}, Iurii.krak@knu.ua, Куляс А.І.¹, Кудін Г.І.¹

¹ Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Останнім часом із швидким розвитком систем машинного інтелекту, з'явився інтерес до великих мовних моделей (ВММ). Одним із застосувань ВММ, окрім загально відомих є видобуток знань, проте застосовність моделей є обмеженою внаслідок низької довіри до їх результатів.

В даному дослідженні **пропонується** дослідити фактори, які впливають на підвищення довіри до ВММ, і які могли бути корисними для обробки україномовного контенту, зокрема видобутку знань.

Пропонується дослідити вплив кількості параметрів моделі та кількості взаємодій і оцінити вплив мережевих і синергетичних ефектів, які виникають при набутті мовною моделлю додаткових знань.

В рамках експериментів 15 різними мовними моделями ставили чітко сформульовані та змістовні питання про довіру до систем штучного інтелекту. Відповіді оцінювали за рівнем задоволеності відповіддю.

В експериментах було досліджено різні мовні моделі з кількістю параметрів від 1.5 до 13 мільярдів, використовуючи сучасні графічні прискорювачі Nvidia та програмне забезпечення для масштабування мовних моделей **ollama** в Docker (версія для WSL2 у Windows 11).

Результати експериментів можна відобразити на графіку, який ілюструє показуючи миттєву довіру і приріст довіри до відповідей на кожне поставлене запитання (використано 5 % приросту як консервативну оцінку). Ми використовували анонімні імена моделей, називаючи їх за допомогою позначення MxPy, де x номер моделі в наборі, а y означає кількість параметрів у моделі. Результати представлені на рисунку 1.

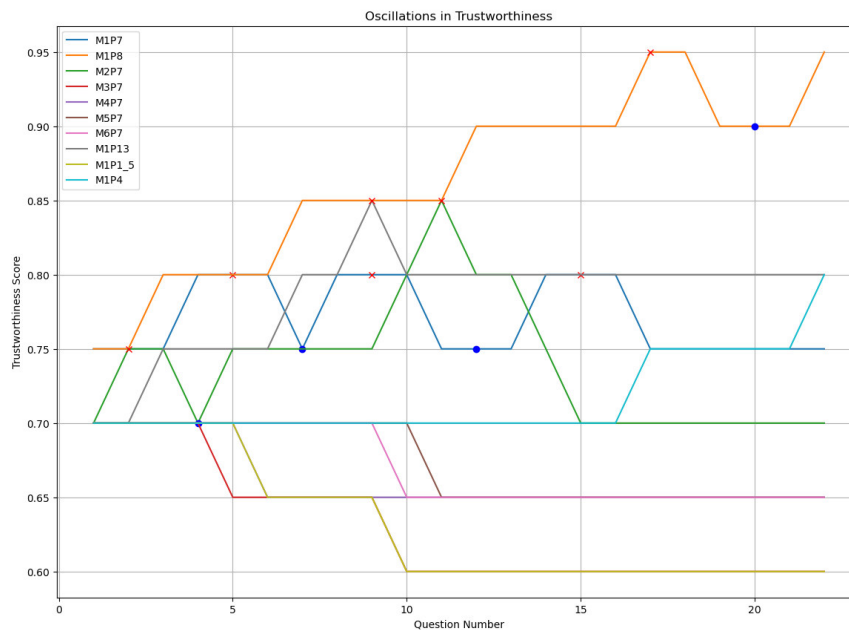


Рис 1. Графік збурень довіри (довіра по вертикалі, питання по горизонталі)

В рамках досліджень довіри було встановлено наступне (див. рис. 1):

- **Керованість і стабільність** є невід'ємними властивостями ВММ.
- У ВММ спостерігаються ефекти **збурень даних**.
- **Попередні взаємодії** впливають на якість відповідей ВММ.
- ВММ генерують **малі дані** (по аналогії з системами великих даних).

Таким чином, в даному дослідженні було показано важливість важливості довіри в практичному застосуванні ВММ. З метою більш детального аналізу цих ефектів, у подальших дослідженнях пропонується дослідити інші ВММ з більшою кількістю параметрів.

Бібліографічні посилання

11. Модель централізованих ланцюгів постачання з незалежною поведінкою окремих вузлів / В. Кузнецов та ін. Проблеми програмування. 2024. № 2-3. С. 1–8.
12. Abusive speech detection method for ukrainian language used recurrent neural network / I. Krak et al. CEUR workshop proceedings. 2024. P. 16 – 28.
13. Method for neural network detecting propaganda techniques by markers with visual analytic / I. Krak et al. CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3790. P. 1–13. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3790/paper14.pdf>.

МЕТОДИ УМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ У МОДЕЛЯХ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Кузьменко В.І, vasilkuzmenko50@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розглядаються і порівнюються два підходи до моделювання течії металу у технологічних процесах обробки металів тиском. Використовується теорія пластичності Сен-Венана – Леві – Мізеса. Перший підхід ґрунтується на екстремальному варіаційному формулюванні і стикається з проблемою виконання умови нестисливості при побудові припустимої множини. Для розв’язання цієї проблеми здійснюється перехід до задачі безумовної оптимізації за допомогою одного варіанта методу штрафних функцій. Другий підхід ґрунтується на введенні додаткової шуканої функції – середнього гідростатичного тиску і приводить до визначення швидкостей і тиску із умови стаціонарності функціоналу для мішаної задачі. Після застосування методів дискретизації (методу скінчених елементів або методу скінчених різниць) виникають скінченновимірні задачі оптимізації. Використання першого підходу пов’язане з проблемою визначення напруженого стану за знайденим полем швидкостей, оскільки визначальні співвідношення дозволяють знайти лише девіаторну частину тензора напружень. Ця проблема наближено розв’язується з використанням встановленого асимптотичного зв’язку штрафного множника та середнього гідростатичного тиску. Числова реалізація другого підходу ускладнюється відсутністю властивості додатної визначеності матриці системи лінійних алгебраїчних рівнянь, яка виникає унаслідок дискретизації. Тому не можуть бути застосовані ефективні прямі методи розв’язання лінійних систем високого порядку, які істотно використовують властивість додатної визначеності матриці системи.

ЗАДАЧА ІЗОМОРФІЗМУ ГРАФІВ

Курапов С.В., kurapovsw@znu.edu.ua

Запорізький національний університет

Давидовський М.В., m.davidovsky@gmail.com

КЗ «Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти»

Визначення 1. Зв'язний граф без мостів і шарнірів, що має у своєму складі петлі, кратні та орієнтовані ребра, називається *сепарабельним графом*.

Визначення 2. Зв'язний неорієнтований граф без мостів і шарнірів, без петель і кратних ребер, без вершин, що мають локальну степінь, яка дорівнює або менша двох, називається *несепарабельним графом*.

Сепарабельний граф можна звести до несепарабельного шляхом виключення петель та ребер з однією вершиною, заміною кратних та орієнтованих ребер, а також ланцюжка ребер з вершинами валентністю два одним ребром. Розв'язання задачі визначення ізоморфізму сепарабельних графів можна представити як послідовне розв'язання наступних завдань: (1) зведення сепарабельного графа до несепарабельного графа; (2) визначення ізоморфізму несепарабельних графів; (3) визначення автоморфізму несепарабельних графів; (4) визначення відповідності між вершинами і ребрами. Для визначення ізоморфізму несепарабельних графів застосовуються два повні інваріанти графа: цифровий $\Pi(G)$ та інтегральний $I(G)$. Повні інваріанти будуються на основі формування множини суграфів графа, що належать підпростору розрізів графа $S(G)$ і підпростору квазіциклів графа $C(G)$.

Визначення 3. Вагою ребра називається число суграфів, що формують підмножину суграфів, яким належить це ребро.

Цифровий інваріант $\Pi(G)$ будується з урахуванням теореми Вітні. Цифровий інваріант – це множина суграфів графа, що характеризують множину ізометричних циклів, множину центральних розрізів та

підмножини дубль-циклів графа. Суграфи, що беруть участь у формуванні підмножин цифрового інваріанту визначаються у результаті роботи алгоритму виділення множини ізометричних циклів у реберному графі $L(G)$ несепарабельного графа G .

Інтегральний інваріант $I(G)$ складається з суграфів, що характеризують спектр реберних розрізів і спектр реберних циклів графа. Спектр реберних розрізів графа будується на основі нільпотентного оператора реберних розрізів. Спектр реберних циклів графа будується на основі нільпотентного оператора реберних циклів. Суграфи, що беруть участь у формуванні підмножин інтегрального інваріанту визначаються у результаті роботи алгоритму виділення множини ізометричних циклів у несепарабельному графі G . Ізоморфізм двох несепарабельних графів визначається шляхом порівняння векторів – якщо вектори рівні, то графи ізоморфні. Результат інтегрального інваріанту є основою для розв’язання задачі автоморфізму несепарабельних графів та визначення функції відповідності вершин графів.

Обчислювальна складність алгоритму визначення ізоморфізму несепарабельних графів визначається складністю обчислення ізометричних циклів графа, яка дорівнює $O(n^4)$ [1]. Обчислювальна складність задачі визначення відповідності між ребрами та вершинами двох графів має експоненціальний характер, а обчислювальну складність алгоритму можна оцінити як $O(n!)$. Таким чином, обчислювальна складність алгоритму визначення ізоморфізму двох сепарабельних графів має експоненціальний характер.

Література

1. Курапов С.В., Давидовський М.В. Алгоритмічні методи кінцевих дискретних структур. Ізоморфізм несепарабельних графів. ЗНУ, 2024, <https://arxiv.org/abs/2407.120452>. Останній перегляд 31 жовт. 2024. Препринт.

АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ МЕТОДУ SINDY У ВІДНОВЛЕННІ ПАРАМЕТРІВ ХАОТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Курисько Є.В., gram25042002@gmail.com

Зайцев В.Г., vadympzaytsev65@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Актуальність цього дослідження зумовлена зростаючою потребою в методах автоматичного визначення та моделювання динаміки складних нелінійних систем. Такий підхід є важливим у багатьох науках, включаючи фізику, біомедицину, фінанси та екологію, де відновлення параметрів і структури систем за реальними даними може покращити передбачення та контроль динамічних процесів.

Розглянуто приклад системи Лоренца, яка має як хаотичну, так і стабільну поведінку, є класичним прикладом нелінійної системи, що чутлива до початкових умов.

У роботі було використано метод SINDy[1, 2] для визначення основних параметрів нелінійної системи Лоренца на різних вибірках даних. Для генерації початкового набору даних для системи Лоренца використовувався чисельний метод для інтеграції диференціальних рівнянь на інтервалі від 0 до 1 з високою точністю (1000 точок).

Виконано та досліджено вплив на точність результатів за різних кількостей даних і їхнього розподілу (перші 750, останні 750, перші 500, останні 500, перші 300, останні 300 точок). Це дозволило оцінити чутливість SINDy до обсягу і рівномірності даних.

Для кожної вибірки було обчислено відновлені значення параметрів σ , ρ і β , після чого результати були порівняні з очікуваними значеннями (10, 28 і $8/3$ відповідно). Це дозволило зробити висновки про те, як скорочення обсягу даних і зміна розподілу впливають на якість відновлення параметрів хаотичної системи.

Використовуючи всі 1000 точок, параметри були відтворені з високою точністю: $\sigma=9.56$ (очікуване значення 10), $\rho=28.0$ (очікуване значення 28), і $\beta=2.67$ (очікуване значення $8/3 \approx 2.67$). Використання перших 750 точок із 1000 дало значні відхилення: $\sigma=6.55$, $\rho=10.03$, $\beta=2.31$.

Використання рівномірно розподілених точок показало, що для точного відновлення параметрів необхідний достатній інформаційний вміст. Останні 750 точок із 1000 дали відновлені значення: $\sigma=6.77$, $\rho=7.21$, $\beta=2.49$, що підтверджує важливість рівномірного розподілу даних.

Система має нестабільну динаміку на пізніших етапах. Використання останніх 500 точок із 1000 дало значні відхилення: $\sigma=5.41$, $\rho=1.28$, $\beta=0.82$. Це свідчить про чутливість методу до турбулентності, яка накопичується на пізніших етапах.

Параметр β показав більш стабільні результати при меншому обсязі даних завдяки своїй лінійності у відношенні до змінної z . Наприклад, при використанні перших 500 точок β було відновлено з точністю до 2.66, близькою до $8/3 \approx 2.67$. Проте на останніх 300 точках β вже показав значне відхилення до 0.79.

Для точної ідентифікації параметрів нелінійних систем, таких як система Лоренца, рекомендується використовувати максимально можливу кількість рівномірно розподілених точок. Це знижує вплив хаотичності і шуму та забезпечує надійніші результати, як показано в експерименті з 1000 точками, де всі параметри було відновлено з високою точністю ($\sigma=9.56$, $\rho=28.0$, $\beta=2.67$).

Список літератури

1. Petrov V., Kurths J., Georgiev N. Reconstructing Differential Equation from a time series// International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 13, No. 11. – 2003. – P. 3307-3323.
2. Discovering governing equations from data: Sparse identification of nonlinear dynamical systems. URL: https://pysindy.readthedocs.io/en/latest/examples/2_introduction_to_sindy/example.html

КОРПОРАТИВНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА РИНКУ ІНТЕРНЕТ-РЕКЛАМИ

Кушнір О.С., kushnirale@gmail.com

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Корпоративне програмне забезпечення – це інструментальні засоби для специфічних завдань бізнесу, зокрема планування ресурсів; управління активами, поставками, бізнес-процесами, тощо. Типовими засобами рішення вказаних завдань застосовуються поширені види програмного забезпечення (ПЗ), наприклад, для управління поставками використовуються системи Supply Chain Management (SCM). Вибір типу ПЗ, які відповідають таким завданням, може бути зведено, до змістовної постановки задачі та вибору вже наявного на ринку ПЗ, що не завжди є ефективним. Формалізація прикладної задачі математичною постановкою, наприклад, у вигляді задачі оптимізації створює додаткові технічні умови для вибору необхідної системи і може скоротити зайві витрати. Наприклад, дві SCM, призначені для ефективного розв'язку «Задачі комівояжера» та «Задачі про максимальний потік» відповідно, мають бути принципово відмінними, а якщо врахувати особливості бізнесу, вибір відповідного ПЗ, яке відповідає вимогам, може бути неможливим. Такі складності викликають необхідність створення та утримання власних (in-house) відділів з розробки ПЗ. Прикладом галузі, де такий підхід досить поширений, є інтернет-реклама (AdTech). Умови бізнесу AdTech компаній мають нагальні потреби: обробляти велику кількість мережевих запитів, необхідність реалізації рекламних аукціонів Вікрі-Кларка-Гровса, рішення задач оптимізації ресурсів та логістики. Все це обумовлює використання специфічного ПЗ в якості системи управління автоматизованої рекламної біржі реального часу (AdExchange).

Рекламні біржі можуть набувати ознак одразу декількох видів корпоративного ПЗ. Наприклад, системи управління AdExchange, які наявні на ринку, мають ознаки SCM, BPM (Business Process Management),

ERP (Enterprise Resource Planning), EAM (Enterprise Asset Management) [1]. Вказані системи дозволяють оператору управляти засобами автоматизації, що відповідають за маршрутизацію рекламних запитів, тобто допомагають вирішувати оптимізаційні задачі логістики в масштабах значно більших ніж в класичному логістичному бізнесі, який зосереджений виключно на управлінні технікою і людьми. Складність й високе навантаження подібних систем управління є наслідком їх цифрової природи. Наприклад, кількість запитів для «рекламної логістики» незрівнянно більші, ніж у задачах логістичних компаній. Прикладом ресурсів для таких задач є процесорні потужності, оперативна пам'ять, мережевий канал і фінанси. Для полегшення роботи оператора в системах управління AdExchange існують інструментальні засоби статистичної й аналітичної обробки. Подібне ПЗ обумовлює специфічну кваліфікацію операторів, однак, в залежності від моделі бізнесу. Ці системи управління можуть бути орієнтовані, як на висококваліфікованих професіоналів, так і на велику кількість операторів, що працюють за стандартизованими бізнес-процесами.

Системи управління AdExchange можна визначити як розподілені корпоративні системи управління аналітично-організаційного типу. Вони є самостійним успішним прикладом засобів автоматизації, орієнтованих на автоматизоване управління складними багато-суб'єктними системами. Загалом, досвід індустрії AdTech, на прикладі AdExchange, є прикладом для розвитку корпоративного програмного забезпечення і може бути використаний для систем управління в цифровізованих децентралізованих системах в енергетиці, фінансах та зв'язку для пошуку рішення задач планування ресурсів, логістики та управління активами.

Список літератури

1. Giachetti R. Design of Enterprise Systems: Theory, Architecture, and Methods (1st ed.). CRC Press., 2010, P. 10-11.

БЕЗПЕКА СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ ВЕБДОДАТКІВ: СТРАТЕГІЇ, GUARDS, JWT, PASSPORT.JS ТА REDIS

Лашко Є.Л. smevlk2014@gmail.com, Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Безпека серверної частини вебдодатків — важливий аспект, що забезпечує захист особистих даних користувачів, дозволяючи лише авторизованим користувачам отримувати доступ до ресурсів. Розглянуто основні підходи та інструменти, які забезпечують надійний захист серверної частини сучасного вебдодатка.

Для надійної автентифікації та авторизації користувачів застосовують спеціальні стратегії безпеки. Стратегії визначають методи, за якими користувачі проходять перевірку особи у додатку, та реалізують різні типи автентифікації, такі як сесії, JWT-токени, OAuth тощо. У фреймворку NestJS, який використовується для розроблення серверної частини додатка, стратегії інтегруються через інтерфейси, дозволяючи легко перевіряти облікові дані користувачів.

Оскільки кожна стратегія відповідає певному типу автентифікації, така гнучка структура дозволяє додавати або змінювати методи перевірки, адаптуючись до вимог безпеки та масштабування додатка. Наприклад, у NestJS часто поєднуються стратегія безпеки та інструмент Guards.

Guards в NestJS забезпечують додатковий рівень контролю доступу. Вони виконуються перед обробкою запитів, перевіряючи, чи має користувач право на доступ до певного ресурсу або дії. Guards можуть включати перевірку токенів, прав користувача, ролей та інших умов. Якщо Guard повертає false, NestJS автоматично відхиляє запит з кодом 403 (доступ заборонено). Це дозволяє ефективно блокувати неавторизовані запити.

Для контролю доступу до ресурсів у NestJS використовуються декоратори:

1 `@ApiBearerAuth()` — вказує, що доступ до ендпоінта обмежений, і користувач повинен мати валідний Bearer-токен.

2 `@UseGuards(JwtAuthGuard)` — забезпечує захист ендпоінта, вимагаючи від користувача пред'явити дійсний JWT-токен.

Ці декоратори підвищують безпеку серверної частини додатка, гарантуючи доступ лише для автентифікованих користувачів.

Однією з найпопулярніших бібліотек для реалізації автентифікації в Node.js-додатках є Passport.js. Це легка й гнучка платформа, яка інтегрується з NestJS, забезпечуючи широкий вибір стратегій для автентифікації. Використовуючи різноманітні стратегії, Passport.js дозволяє змінювати методи автентифікації залежно від потреб користувачів, що робить додаток більш масштабованим і безпечним.

Одним із найпоширеніших методів автентифікації є JWT-токени. Вони використовуються для безпечної передачі даних у форматі JSON між сервером і клієнтом. Основна ідея JWT полягає в тому, що після успішної автентифікації сервер генерує токен, який включає корисне навантаження з інформацією про користувача (зазвичай це ID).

Цей токен зберігається у браузері клієнта, зазвичай у локальному сховищі, та надсилається з кожним запитом для доступу до захищених ресурсів. Сервер перевіряє валідність токена, підтверджуючи особу користувача, що дозволяє уникнути повторної автентифікації.

Для покращення ефективності та безпеки обробки токенів у додатках застосовується Redis — noSQL база даних, яка зберігає дані у пам'яті. Redis виступає надійним кешем і зберігачем сесійних даних, що дає змогу оперативно перевіряти валідність токенів. Використання Redis у поєднанні з JWT-токенами забезпечує кілька ключових переваг. Завдяки зберіганню в пам'яті процес автентифікації та доступу значно пришвидшується. Також Redis дає змогу задавати термін дії токенів, після якого вони автоматично видаляються.

ТОЧНИЙ ПАРАЛЕЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ОБМЕЖЕННЯМИ НА ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ

Ленський М.М., Михальчук Г.Й., lmichael1003@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Задача маршрутизації транспортних засобів з обмеженнями на вантажопідйомність (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP) [1] є важливою комбінаторною оптимізаційною проблемою, яка полягає у визначенні оптимальних маршрутів для набору транспортних засобів з метою обслуговування клієнтів з мінімальними витратами, при цьому кожен транспортний засіб має обмежену вантажопідйомність. CVRP має широке застосування в логістиці, управлінні ланцюгами постачання та транспортному плануванні. Розв'язання CVRP є обчислювально складним через експоненційне зростання кількості можливих маршрутів.

Запропоновано точний алгоритм для розв'язання CVRP з використанням паралелізму. Алгоритм базується на принципі гілок і меж (branch-and-bound), який дозволяє ефективно обходити простір можливих рішень, відсікаючи нерелевантні гілки на основі поточних меж витрат та обмежень вантажопідйомності транспортних засобів. Паралелізація досягається шляхом розподілу задач між потоками, що дозволяє використовувати багатоядерні процесори для прискорення обчислень.

Алгоритм складається з двох основних етапів: ініціалізації маршрутів та рекурсивного паралельного пошуку. На першому етапі кожному транспортному засобу призначається початковий маршрут, який починається з депо. На другому етапі використовується паралельний цикл, де кожний потік відповідає за дослідження різних варіантів призначення клієнтів до транспортних засобів з урахуванням обмежень вантажопідйомності. Рекурсивний метод здійснює пошук в глибину з поверненням, використовуючи відсікання гілок, якщо поточна вартість

перевищує найкращу знайдену вартість або якщо перевищується залишкова вантажопідйомність транспортного засобу.

Для забезпечення коректності обчислень використовується механізм блокувань під час доступу до спільних ресурсів, таких як найкраща знайдена вартість та відповідні маршрути.

Алгоритм реалізовано мовою програмування C# із застосуванням стандартних бібліотек для паралельного програмування [2], що робить його доступним для впровадження та подальшого розширення.

Проведено тестування роботи алгоритму на персональному комп'ютері, обладнаному процесором AMD Ryzen 7600. Запропонований паралельний алгоритм суттєво знижує час обчислень порівняно з традиційним методом гілок і меж. Для наборів даних, що містять до 20 клієнтів, паралельний алгоритм демонструє у середньому шостикратне прискорення.

Результати експериментів показали, що запропонований алгоритм ефективно розв'язує CVRP на невеликих наборах даних, демонструючи переваги паралелізації у зменшенні часу обчислень. Алгоритм має потенціал для адаптації до більш складних варіантів CVRP, включаючи часові вікна та інші реальні обмеження.

Бібліографічні посилання

1. Toth P. and Vigo D., editors. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2nd edition. 2014. 481 p.
2. Terrell R. Concurrency in .NET: Modern Patterns of Concurrent and Parallel Programming. Manning Publications, First Edition. 2018. 568 p.

ЯКІСТЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Ліщинська Л.Б., Пилипенко Д.Ю., Коваленко О.О. ok@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет

Актуальність теми дослідження підтверджується необхідністю визначати показники якості програмного забезпечення з врахуванням особливостей інтелектуальних інформаційних систем.

Мета дослідження – визначення основних напрямів стратегії оцінювання рівня якості програмного забезпечення інтелектуальних інформаційних систем.

Інтелектуальні інформаційні системи (ІС) характеризуються наявністю систем штучного інтелекту, використання методів машинного навчання, нейронних мереж, експертних систем. ІС використовують різноманітні інструменти для аналізу даних та потребують запровадження спеціальних методів для оцінювання якості програмного забезпечення. [1].

Серед загальних напрямів оцінювання якості програмного забезпечення можна виділити такі показники як функціональність, надійність, зручність використання, ефективність, безпека, зручність користування та підтримки [2].

Особливості оцінювання якості модулів машинного навчання полягає у визначенні даних та моделей навчання, інтерпретації процесів прийняття рішення, запровадження перехресних перевірок, метричної оцінки, А/В тестування. Для цього використовують спеціальні платформи для машинного навчання (TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn) [3]; інструменти для візуалізації даних (Matplotlib, Seaborn); моніторингу моделей (MLflow, Weights & Biases); пояснення моделей (LIME, SHAP) [4].

Оцінювання якості програмного забезпечення систем обробки природної мови враховує відсотки правильних відповідей системи, релевантних відповідей, які були знайдені системою, гармонійне середнє точності та повноти, стійкість системи до шумів і помилок у даних

(робастність), відсутність систематичних помилок, пов'язаних з певними групами даних.

В системах комп'ютерного зору також оцінюються міри точності, повноти, F1-міри, визначається середнє значення перетину над об'єднанням (mAP); метрики якості зображення (PSNR, SSIM), а також суб'єктивна оцінка експертів.

Стратегія оцінювання показників якості програмного забезпечення інтелектуальних інформаційних систем може бути побудована за такою ієрархією цілей та їх реалізації.

1. Стратегічні цілі запровадження та використання інтелектуальної інформаційної системи. Визначення цілей та результатів відповідно до кожного програмного модулю або контуру системи.

2. Визначення показників якості відповідно до кожного програмного модулю та технологій, які в ньому реалізовані. Створення (використання) методів оцінювання для кожного окремого програмного модулю.

3. Формування комплексного показника та характеристик якості програмного забезпечення інтелектуальної інформаційної системи. Деталізація показників та формування рекомендацій щодо підвищення рівня якості ПЗ ІС.

Список використаних джерел

1. Ліщинська Л.Б., Добровольська Н. В. Перспективні програмні інструменти для аналізу даних у бізнесі. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки"*. 2022. № 1. С. 78-83.

2. Пилипенко Д. Ю., Коваленко О.О. Методика оцінювання рівня покриття процесів тестування програмних продуктів *Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація - 2023»*, Одеса, 19 – 20 жовтня 2023. 2023. С. 259–261.

3. Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, Keras... but where to begin? *Medium*. URL: <https://towardsdatascience.com/scikit-learn-tensorflow-pytorch-keras-but-where-to-begin-9b499e2547d0>

4. Building a machine learning system for personalized healthcare recommendations. *Medium*. URL: <https://bgiri-gcloud.medium.com/building-a-machine-learning-system-for-personalized-healthcare-recommendations-10dbd3b563d8>

УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

Ліщинська Л.Б., Роботько Д.О., Коваленко О.О. ok@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет

Актуальність теми дослідження підтверджується наявністю в інтелектуальній системі баз знань, які працюють разом з модулями штучного інтелекту, машинного навчання, нейронними мережами, експертними системами. Аналіз етапів розвитку систем управління знаннями показав, що найбільш розвинутою формою є поєднання знань штучного інтелекту з експертними людськими знаннями [1].

Мета дослідження – визначення особливостей управління знаннями в інтелектуальній інформаційній системі.

Управління знаннями в інтелектуальній інформаційній системі (ПС) – це процеси генерації, збору, організації, зберігання, поширення та використання знань, які накопичуються в системі та використовуються для виконання різноманітних завдань. Основними завданнями є підготовка аналітичних даних для прийняття рішень, внесення змін та реалізація адаптації до них.

Управління знаннями в інтелектуальній системі можна розділити на такі напрями:

Створення та використання баз знань, які містять структуровану інформацію, правила, моделі та інші знання.

Механізми набуття знань за допомогою машинного навчання, нейронних мереж, структурування та зберігання живих людських знань, використання експертних систем.

Механізми представлення знань можуть бути реалізовані у вигляді логічних правил, онтологій, нейронних мереж, файлових каталогів тощо.

Механізми виведення знань можуть бути реалізовані за допомогою логічних виведень знань, спеціальних модулів машинного навчання, інтерфейсу користувача.

Одним з прикладів використання різних представлень знань є експертні системи. Вони використовують знання експертів для розв'язання складних задач. Крім того, в таких системах використовують також набори правил для підготовки інформації для прийняття рішення, нейронні мережі. Якщо в системі приймаються проміжні рішення, то користувачі повинні розуміти логіку та шлях прийняття такого рішення.

Одним з популярних прикладів використання знань є формування предметних баз знань. Знання генеруються на основі аналізу даних та збору інформації [2]. Для них використовують формальні моделі (онтології) для представлення знань про предметну область.

Побудова бази знань для конкретної предметної області включає такі кроки:

1. Визначення меж предметної області та цілі створення такої бази знань.
2. Ідентифікація джерел знань – експерти, публікації, досвід компаній тощо.
3. Формалізація знань – семантичні мережі, онтології, системи за правилами тощо.
4. Створення навігатора знань – каталогів, онтологій, карт тощо.
5. Заповнення контенту знань.
6. Розробка інтерфейсу користувача.
7. Тестування та вдосконалення бази знань.

Важливими аспектами є актуальність та якість знань, можливість масштабування, інтеграція в ПС.

Список використаних джерел

1. Коваленко О., Роботько Д., Еволюційні та революційні процеси розвитку інформаційних систем управління знаннями. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 339(4), 316-322.
2. Ліщинська Л.Б., Добровольська Н. В. Перспективні програмні інструменти для аналізу даних у бізнесі. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія "Технічні науки"*. 2022. № 1. С. 78-83.

АНАЛІТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ MICROSOFT AZURE

Ліщинська Л.Б., Сторожук Ю.В., Коваленко О.О. ok@vntu.edu.ua*Вінницький національний технічний університет*

Актуальність теми дослідження підтверджується популярністю визначеного інструменту для звітності та аналітики, а також виявленням функцій програмного модуля, які не використовуються. Крім того, важливо сформуувати додаткові функції обробки даних та метрик для адаптації програми в процесі роботи з визначеним програмним забезпеченням.

Мета дослідження – виявлення цільових напрямів та показників аналітики для збільшення продуктивності роботи програмного забезпечення.

Результати дослідження містять аналіз можливостей Azure Monitor за документацією та практичний досвід використання аналітичного програмного забезпечення для оцінювання продуктивності ПЗ [1].

На основі аналітичних можливостей програмного забезпечення моніторингу продуктивності та врахування функцій об'єкта, що оцінюється, вимог замовника, формується інформаційна модель показників та візуалізації, а також структуровані дані журналу запитів.

Показники Azure Monitor оцінюються через регулярні інтервали часу з можливістю перегляду у вигляді графіків (Рис. 1).

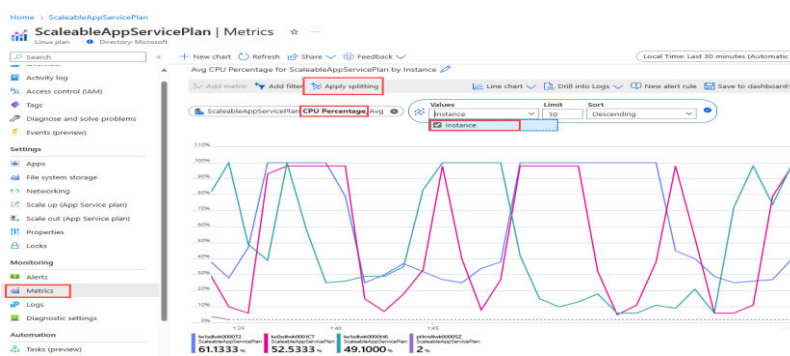


Рисунок 1 – Фіксовані показники Azure Monitor в реальному часі

Бізнес-аналітик формує алгоритм для порівняння з іншими метриками та спостереженням за тенденціями в часі. Інформаційна панель дозволяє оцінити стан продуктивності застосунку. Отримані показники зберігаються в базі даних часових рядів. Аналіз отриманих показників з

даними журналів моніторингу дозволяють знайти причини проблем в програмному забезпеченні або в системах підтримки хмар чи локальних систем. Карта оцінюваного застосунку дозволяє побачити його візуальну архітектуру та взаємодію між компонентами.

Джерелами даних можуть бути дані застосунків, операційних систем та спеціальних клієнтських ресурсів та модулів Azure. Отримані дані є основою для фіксації показників та даних журналів. Ці дані перетворюються аналітичні дані, сповіщення, а також спеціальні дані для передавання на зовнішні системи.

Для аналізу продуктивності веб-застосунків в реальному часі використовують Azure Monitor Application Insights.

Application Insights надає багато можливостей для підвищення продуктивності, надійності та якості ваших програм.

Application Insights є потужним інструментом для покращення продуктивності, надійності та якості додатків. Він забезпечує різні можливості для дослідження, моніторингу та аналізу, що дозволяють розробникам оптимізувати роботу своїх програмних рішень. Цей модуль дозволяє здійснювати глибокий моніторинг за допомогою налаштувань попереджень. Такі повідомлення є стартом для активних дій, а також для змін в інформаційних панелях для розуміння тенденцій роботи застосунку.

Application Insights також забезпечує інструменти для аналізу взаємодії користувачів зі застосунком. Зокрема, аналізуються користувачі, сесії та події для визначення, коли і як вони взаємодіють. Паузи у взаємодії, графи шляху на сайті, точки залученості або виходу дозволяють здійснювати аналітичні графіки та кластеризації.

Аналіз можливостей, джерел даних та функцій їх обробки дозволяє сформулювати стратегію оцінювання продуктивності застосунку з подальшою деталізацією тактичних аналітичних рішень у вигляді таблиць і графіків.

Список використаних джерел

1. Azure-monitor. Overview. *Learn. Microsoft*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/azure-monitor/overview>

РОЗГОРТАННЯ НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ НА МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ В ОФЛАЙН-РЕЖИМІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ WEBVIEW

Логвин Д.А., lohvyn_d@365.dnu.edu.ua,

Божуха Л.М., bozhukha_l@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Нейронні моделі для обробки природної мови (Natural Language Processing на англійській мові, NLP) стали невід'ємною частиною сучасних технологій. Більшість таких рішень раніше залежала від хмарних обчислень з великим обсягом потужності для розгортання складних моделей, але з розвитком обчислювальних можливостей мобільних пристроїв зростає попит на реалізацію NLP моделей локально на пристрої.

Загалом, застосування NLP моделей на мобільних пристроях можна розділити на дві схеми:

- 1) **онлайн-схема**, де модель виконується на віддаленому сервері, а мобільний додаток надсилає запити та отримує результати через Інтернет-з'єднання;
- 2) **офлайн-схема**, де модель повністю завантажується та виконується на пристрої, що дозволяє уникнути затримок та забезпечує роботу додатка без підключення до мережі.

Використання NLP моделей в офлайн-схемі в більшості випадків є обмеженим, так як мобільний пристрій має значно меншу обчислювальну потужність (обсяг доступної оперативної пам'яті, наявність апаратного прискорювача тощо), ніж віддалений сервер. Однак, сучасні мобільні пристрої і методи оптимізації та розгортки нейронних моделей дозволяють застосовувати їх з прийнятною швидкістю та високою якістю кінцевих результатів. Враховуючи ці особливості та обмеження офлайн-схеми, можна запропонувати наступну архітектуру мобільного додатку (рис. 1).

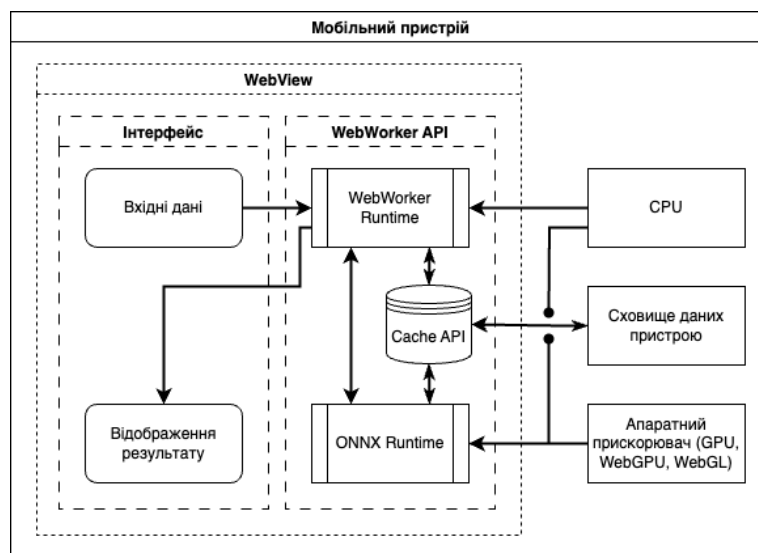


Рисунок 1 — Приклад схеми взаємодії компонентів мобільного додатку з WebView

NLP моделі можуть бути експортовані у форматі ONNX (Open Neural Network Exchange) [1], який дозволяє використовувати їх в різних середовищах виконання. Для зменшення їх обсягу пам'яті бажано попередньо оптимізувати NLP моделі. Використання Embedded WebView [2] у мобільному додатку для підтримки багатьох платформ дозволяє використовувати веб-технології для інтерфейсу та інтегрувати ONNX Runtime [1] через JavaScript Web API. Також, в залежності від ресурсів пристрою, ONNX Runtime [1] дозволяє використовувати апаратні прискорювачі, такі як WebGPU та WebGL, для додаткової оптимізації обчислень. В такому середовищі розробникам доступно WebWorker API, що дозволяє виконувати важкі обчислення без блокування основного інтерфейсу. В цій частині виконуються наступні дії для розгортки нейронних мереж: завантаження, збереження їх в кеші пристрою, виконання суміжних операцій і саме застосування NLP моделей.

Бібліографічні посилання

1. ONNX Runtime, ONNX Runtime developers, 2021. [Електронний ресурс]. <https://onnxruntime.ai/>
2. Build web apps in WebView, Google for Developers, 2024. [Електронний ресурс]. <https://developer.android.com/develop/ui/views/layout/webapps>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА СКІНЧЕНИХ РІЗНИЦЬ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ПРОГИНУ ПЛАСТИНИ

Мажара К.О., mazhara.kirill@gmail.com,

Трофімов О.В., atrof2222@gmail.com,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Метод скінчених різниць є одним із найбільш популярних чисельних підходів для розв'язку диференціальних рівнянь, особливо у задачах моделювання прогину пластини. Його суть полягає в дискретизації області дослідження на сітці точок і заміні диференціальних рівнянь алгебраїчними, які розв'язуються за допомогою певних чисельних методів. Похідні замінюються скінченими різницями, а розв'язком задачі є сіткова функція, яка певним чином наближує розв'язок початкової диференційної задачі [1]. Такий підхід є простим у реалізації, точним та універсальним, що робить його одним із найпоширеніших методів для розв'язку різних задач механіки, оптики та інших напрямків математичної фізики.

Однією з основних переваг цього методу є можливість його застосування для різноманітних геометричних форм і складних граничних умов, як-то еліптичні або квадратні пластини [2]. Це те, що часто недоступно для аналітичних методів. Крім того, метод легко модифікується для нерегулярних сіток і складних рівнянь, що робить його корисним для широкого кола інженерних задач.

Розглянемо задачу знаходження прогину для пластини еліптичної форми з закріпленими кінцями. Пластина має пів-осі $a = 5\text{м}$ та $b = 4\text{м}$, товщину $h = 0.07\text{м}$, модуль Юнга $E = 21.6 \times 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ та коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.3$. На пластину діє рівномірне навантаження. Поставлене диференціальне рівняння у частинних похідних четвертого порядку було дискретизоване за допомогою методу скінчених різниць, і отримана система рівнянь розв'язувалася чисельно (рис.1). Граничні умови

закріплення були сформульовані у спосіб, щоб забезпечити нульовий прогин на краях пластини [3].

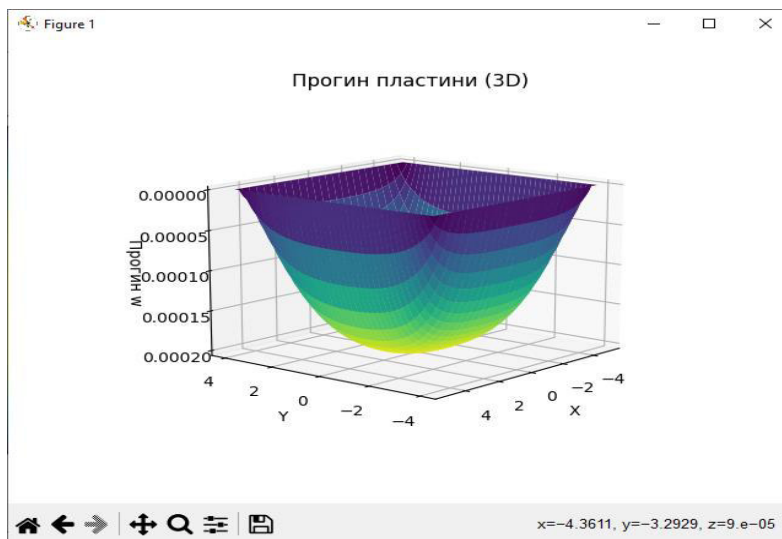


Рис. 1. 3D – графік прогину пластини

Отримані результати чисельного моделювання показали, що прогин пластини досягає максимального значення в центрі, а на краях, згідно з граничними умовами, прогин дорівнює нулю. Метод скінчених різниць продемонстрував високу ефективність та точність у розв’язку задачі, а також дозволив провести візуалізацію отриманих результатів у вигляді 3D – графіків. Таким чином, метод є одним із найбільш зручних і точних підходів для розв’язку інженерних задач подібного типу.

Бібліографічні посилання

1. Smith, G. D. *Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. Oxford University Press, 3rd Edition, 1985.
2. Timoshenko, S., & Woinowsky-Krieger, S. *Theory of Plates and Shells*. McGraw-Hill, 2nd Edition, 1959.
3. Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. *The Finite Element Method: Volume 1*. Butterworth-Heinemann, 6th Edition, 2005.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛІВКОВИХ ТЕЧІЙ В'ЯЗКОЇ РІДИНИ ПО КОНІЧНІЙ ПОВЕРХНІ

Макаров О.І., makarov.o20@365.dnu.edu.ua

Тонкошкур І.С., tonkoshkur_i@365.dnu.edu.ua,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Плівкові течії рідини широко застосовуються в енергетиці, металургії, в хімічній та харчовій промисловості. При цьому в технічних пристроях і апаратах часто використовують реологічно складні рідини, які мають особливі властивості. Математичне моделювання течій рідких плівок дозволяє розрахувати характеристики цих апаратів.

В даній роботі розглядається задача про стікання рідкої плівки по твердій поверхні конуса з довільним гладким поперечним перерізом, під дією сили тяжіння. Для розрахунку течії плівки застосовується математична модель в'язкої нестисливої рідини, яка оснований на системі рівнянь в частинних похідних. Для замикання цієї системи рівнянь використовуються реологічні моделі Оствальда-де Віля і Шведова-Бінгама. За крайові умови на поверхні твердого тіла беруться умови «прилипання», а на вільній поверхні, що розділяє рідину і газ – умови неперервності напружень і нормальної компоненти вектора швидкості.

Для спрощення вихідної системи диференціальних рівнянь застосовано метод малого параметра, за який обрано відносну товщину плівки. Розв'язок рівнянь нерозривності і руху (з урахуванням головних членів розкладання) отримано в аналітичному вигляді. Для визначення невідомої товщини плівки сформульовано крайову задачу. Для її розв'язання використовувався скінченно-різницевий метод.

Проведено параметричні розрахунки течій рідкої плівки по поверхні конічних тіл з поперечними перерізами у вигляді кола, еліпса, а також трикутника і квадрата з округленими крайками. Проаналізовано вплив геометричних і фізичних параметрів на характеристики течії.

СТВОРЕННЯ DESIGN BRIEF ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ З ВИВЧЕННЯ КЛАСИЧНОЇ МУЗИКИ ТА АНАЛІЗ ДИЗАЙНУ ЙОГО КОНКУРЕНТІВ

Манюк М.О., alal.masha2001@gmail.com, **Манюк С.В.,**

Антоненко С.В., **Мацуга О.М.**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Робота присвячена розробці дизайну мобільного застосунку Cantata, який спрямований на популяризацію та вивчення класичної музики через вікторини та освітні матеріали.

В умовах зростання популярності освітніх застосунків, важливо створити продукт, який не лише привабить користувачів, але й надасть їм комфортний, інтуїтивний та естетично привабливий інтерфейс та досвід використання. Це потребує глибокого розуміння потреб користувачів, ринкових умов та конкурентних рішень.

Саме тому для полегшення роботи над створенням дизайну важливо створити Design Brief, який включає в себе розуміння бізнесу замовника, галузі та конкурентів. Проведення досліджень ринку і збір думок замовника допомагають прийняти ефективні рішення щодо дизайну. Також на цьому етапі важливо проаналізувати цільову аудиторію та визначити її характеристики, уподобання та потреби.

Створений в роботі Design Brief для мобільного застосунку Cantata включає в себе наступні частини:

- опис проекту;
- постановка проблем, які вирішуватиме мобільний застосунок Cantata;
- бачення ідеального результату та критерії його оцінки;
- вимоги замовника щодо UI/UX дизайну мобільного застосунку Cantata;
- цільова аудиторія;
- дизайн-принципи.

Крім того, важливим етапом у процесі створення власного продукту є аналіз конкурентних мобільних додатків, оскільки він дозволяє вивчити сильні та слабкі сторони конкурентів, виявити можливості для покращення та знайти ідеї для унікальних і зручних рішень. У рамках цього було проаналізовано дизайн таких мобільних додатків, як Classical Musicians Quiz та Classical Music Quiz. У результаті вдалося визначити як сильні сторони конкурентів, так і недоліки, що допомогло визначити шляхи поліпшення дизайну та функціональності продукту, щоб зробити його привабливішим та зручнішим для користувачів.

Як початковий етап роботи над дизайном мобільного застосунку Cantata було створено дизайн його стартової сторінки. Зважаючи на вимогу замовника щодо доступності додатку для людей з дальтонізмом, виконано перевірку дизайну цього екрану за допомогою вебсайту Colblindor. Перевірку проведено для всіх типів дихроматичного зору та для монохроматичного зору. Як показано на рисунку 1, всі елементи є однаково добре видимими.



Рисунок 1 – Стартова сторінка очима людей із різними типами дальтонізму

АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ

Махно В.М., makhnovictor@gmail.com

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського”*

Зростання рівня стресу та розповсюдженість серцево-судинних захворювань висувають необхідність розробки систем для ефективного моніторингу фізіологічного стану людини. У роботі досліджено варіабельність серцевого ритму (ВСР) як важливий показник, що відображає баланс між симпатичною та парасимпатичною активністю автономної нервової системи. Особливу увагу приділено аналізу стрес-індексу, що характеризує рівень фізіологічного напруження організму, та адаптаційному потенціалу, який демонструє здатність організму до відновлення.

Для аналізу ВСР застосовано часовий та частотний методи, що дозволяють оцінювати рівень стресу у різних групах, таких як спортсмени та пацієнти з серцево-судинними захворюваннями. Розроблено програмне забезпечення на мові Python для автоматизованого розрахунку стрес-індексу, що значно полегшує обробку даних та забезпечує точність обчислень. Це ПЗ автоматизує процес обробки часових і частотних показників ВСР та дозволяє класифікувати рівень стресу на основі встановлених норм.

Отримані результати підтверджують ефективність ВСР як індикатора рівня стресу та загального фізіологічного стану. Дослідження показало, що у спортсменів спостерігаються низькі значення стрес-індексу, що вказує на високий адаптаційний резерв, тоді як пацієнти з хронічними захворюваннями мають підвищені показники стрес-індексу, що свідчить про порушення вегетативної регуляції. Виявлено, що застосування таких методів може сприяти ранньому виявленню стресових розладів та підвищенню ефективності реабілітації.

Таким чином, використання ВСР для оцінки стану організму має значний потенціал у медичній та спортивній практиці. Безконтактні методи моніторингу дозволяють проводити безперервний контроль за станом здоров'я пацієнтів і можуть мінімізувати потребу у частих візитах до лікаря, забезпечуючи ефективне управління здоров'ям у реальному часі.

ОПУКЛА ОБОЛОНКА ДЛЯ М'ЯКИХ ПОЛІГОНАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мелашенко О.П.¹, Романова Т. Є.^{1,2}, Мартінес-Гомес К. Г.³o.p.melashenko@gmail.com, t.romanova@leeds.ac.uk,gustavo.martinezgmz@uanl.edu.mx¹ *Інститут енергетичних систем і машин ім. А.М. Підгорного НАН України, Харків, Україна*² *Університет Лідсу, Лідс, Велика Британія*³ *Університет Нуево-Леон (UANL), Мексика*

Побудова опуклої оболонки для заданого набору фіксованих опуклих багатокутників є однією з класичних задач обчислювальної геометрії [1,2], яка має широкий спектр застосувань, зокрема, у логістиці, виробництві, хімії та механіці, у нафтогазовій промисловості, робототехніці та епідеміології [3,4]. Основна ідея цих застосувань полягає в тому, щоб замінити аналіз відношень множини багатокутників вивченням опуклого багатокутника (кластера) як їх єдине геометричне представлення. Природним вибором цієї полігональної конфігурації є опукла оболонка.

Відомі ефективні методи побудови опуклої оболонки для фіксованих опуклих багатокутників [5]. Однак, якщо багатокутники із змінними вершинами (м'яки полігони) вільно рухаються та не перетинаються, побудова опуклої оболонки є відкритою проблемою (challenging problem).

У даному дослідженні розглядається задача компонування полігональних об'єктів, що вільно переміщуються, неперервно обертаються та розтягуються, у полігональний контейнер мінімального за периметром/площею. Основні відмінності між двома моделями полягають у наступному. За нерівністю трикутника полігональний контейнер з мінімальним периметром є опуклим незалежно від того, чи є об'єкти опуклими чи ні. Однак, контейнер мінімальної площі не обов'язково є опуклим. Тому опуклість контейнера повинна бути забезпечена. М'який контейнер визначається його вершинами, а його координати розглядаються як змінні. Такий підхід дозволяє спростити формулювання умов опуклості з урахуванням обмежень на довжину сторін м'якого контейнера.

У даному дослідженні розроблено аналітичні засоби опису обмежень неперетину та включення з урахуванням умов збереження площі полігональних об'єктів та опуклості полігонального контейнера, що має

змінну просторову форму. Побудовано дві математичні моделі як задачі нелінійного програмування (NLP problem) із застосуванням квазі ρ -функцій для м'яких полігонів.

Запропоновано метод розв'язання, який застосовує алгоритм побудови допустимих стартових розміщень та алгоритм декомпозиції для пошуку локальних мінімумів. Доведено оптимальність розв'язків для задач малої розмірності за допомогою глобального розв'язувача BARON. Наведено результати чисельних експериментів для прикладів з більшою кількістю довільних полігональних об'єктів з використанням запропонованої евристики та локального розв'язувача IPOPT.

На рисунку 1 наведено два приклади побудови опуклої оболонки, що має $m^* = 6$ сторін, для семи м'яких трикутників, що неперервно рухаються, з коефіцієнтом розтягування а) $0.3 \leq \mu_i \leq 2.5$ б) $0.5 \leq \mu_i \leq 1.5$.

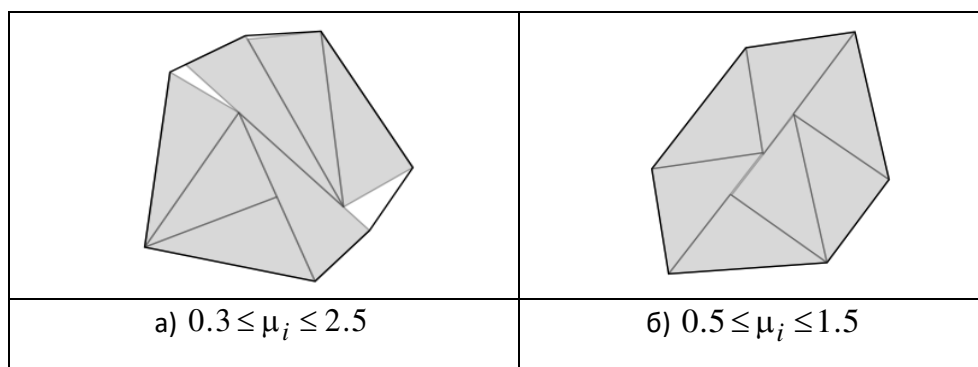


Рисунок 1. Два приклади побудови опуклої оболонки для семи м'яких трикутників

Отримані результати можуть бути використані як еталонні задачі для подальших досліджень.

[1] Avis, D., Bremner, D., Seidel, R. (1997) How good are convex hull algorithms? Computational Geometry: Theory and Applications, 7 (5–6): 265–301.

[2] De Berg, Mark; Cheong, Otfried; Van Kreveld, Marc; Overmars, Mark (2008). Computational Geometry. Algorithms and Applications. Berlin: Springer. 2–14.

[3] Kallarth, J. Business Optimization Using Mathematical Programming, Springer, 2021. ISBN: 978-3-030-73237-0

[4] Dumonteil E., Majumdar S.N., Rosso A., Zoia A., Spatial extent of an outbreak in animal epidemics, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 110 (11) 4239-4244, 2013.

I. [5] Park D., Bae S.W., Alt H., Ahn H.K., Bundling three convex polygons to minimize area or perimeter, Computational Geometry, 2016, 51, 1-14.

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИЛЬФОНУ,
ЯК ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ**

Мироненко Є. О. myronenko.y21@365.dnu.edu.ua,

Сафронова І. А., safronova_i@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В даній роботі ставиться задача дослідження напружено-деформованого стану, впливу геометричних параметрів гофрованих оболонок обертання на основні параметри їх поведінки, оскільки такі конструкції широко використовуються в аерокосмічній, хімічній, нафтогазовій та інших галузях (так наприклад, сильфони використовуються як компенсатори теплових переміщень у трубопроводах). Багато аспектів цієї проблеми залишаються актуальними [3 – 5], тому зазначена тематика є досить важливою для дослідження.

Сильфон пропонується розглядати як оболонку обертання складної геометричної форми меридіану, яка має складену форму кільцевих та торових оболонок; матеріал – 12х18н10т (нержавіюча сталь), нижній край сильфону – жорстко зацемлений, верхній – вільний, сильфон навантажений розподіленою силою (геометричні параметри сильфону: висота $H = 83$ мм; діаметр внутрішнього і зовнішнього тору $\delta = 2$ мм і $\Delta = 5$ мм; внутрішній і зовнішній радіус $R_v = 37,5$ мм і $R_n = 45$ мм відповідно).

У роботі було вдосконалено та практично випробувано алгоритм числового моделювання поведінки сильфона при нелінійному деформуванні запропанований у [2]. Для реалізації цього алгоритму було використано мову програмування Python, що дозволило швидко реалізувати необхідні розрахункові процедури. Розроблений алгоритм було протестовано на прикладах розрахунку поведінки кільцевих пластин під навантаженням. Отримані числові результати продемонстрували високу

збіжність із аналітичним розв'язком та результатами числових розрахунків, виконаних пакеті скінченно-елементного аналізу ANSYS Workbench Student [1]. Для моделювання поведінки сільфонів різної геометричної компановки використовувалась версія ANSYS Workbench Student. При цьому сільфон було розбито на трикутні скінченні елементи (рис. 1).

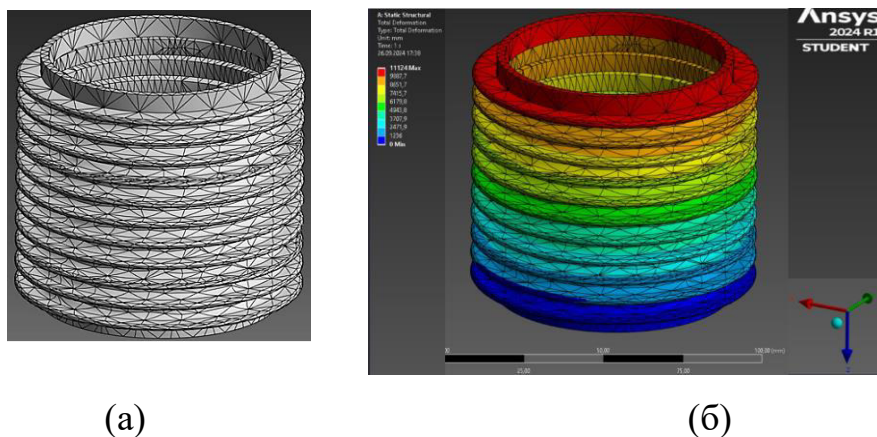


Рис. 1. – Скінченно-елементна модель (а) та моделювання переміщення (б) сільфону у пакеті ANSYS Workbench Student

Застосований підхід дозволив не лише достатньо точно змоделювати поведінку сільфонів під дією змінного розподіленого навантаження та з урахуванням складної геометрії, але й отримувати надійні прогнози стійкості та зносостійкості елементів конструкції, що критично важливо для їхнього довготривалого використання в промислових умовах.

Список використаних джерел:

1. ANSYS Academic: ANSYS Student [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ansys.com/academic/students/ansys-student>
2. Dzyuba A.P., Safronova I.A. Algorithms for accelerating iterative convergence in calculating envelopes of rotational bodies with complex meridian shapes for large displacements // *Visnyk Dnipropetrovsk Univ. Ser. Mechanics*. – 2015. – Vol. 2, Iss. 19. – P. 38–55.
3. Liu L., Ahmat M., Qiu W. Finite element analysis of axial stiffness of S-shaped welded metal bellows // *Proc. SPIE*. 2024. Vol. 13082, 130823E. DOI: 10.1117/12.3026794
4. Дослідження еластичного сільфонного компенсатора // *Наук. вісн. ІФНТУНГ*. 2023. №1 (54). С. 36-43. DOI: 10.31471/1993-9965-2023-1(54)-36-43
5. Чисельне моделювання напружено-деформованого стану сільфонного компенсатора у системі забору повітря літака // *Авіац.-косм. техн. і технол.* – 2019. – №1. – С. 179–188. DOI: 10.20535/2219-3804212019194279

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКОВИХ ОБРАЗІВ

Мороз В.В., Кулик Д.В., daniil.kulyk@stud.onu.edu.ua

Одеський національний університет імені І.І.Мечнікова

В роботі проводиться аналіз методів виділення звукових образів в аудіо сигналах, які мають значні шумові компоненти. Проблема полягає в складності виділення фонових компонент, які, в більшості випадків, носять нерегулярний характер та спотворюють корисний сигнал.

Для розв'язання поставленої задачі застосована емпірична модова декомпозиція EMD [1], яка дозволила розкласти сигнал по адаптивному базису функцій. Для подальшого аналізу внутрішніх модових функцій використовується спектральний аналіз Гільберта [2]. Фільтрація шумових компонентів у складних аудіосигналах здійснюється на основі F-test [3], що дозволяє виділити найбільш інформативні моди.

Дослідження показало, що застосування EMD на прикладах аудіозаписів розмови тривалістю 10 секунд займає понад 10 хвилин. Для зменшення обчислювальної складності пропонується віконний підхід і застосування варіаційної модової декомпозиції VMD.

Запропоновані методи можуть бути покращені за рахунок зменшення кількості інформації для обробки, при збереженні корисних даних сигналу із використанням вейвлетного перетворення. Також можуть бути розглянуті методи частотних діапазонів та енергетичної фільтрації з метою підвищення ефективності виділення інформативних компонент у складних акустичних середовищах.

Список літератури: 1. Ram Bilas Pachori (2023). Time-Frequency Analysis Techniques and their Applications. 2. A. B. Gumelar and others. Spectral Analysis of Familiar Human Voice Based On Hilbert-Huang Transform. 2018. 3. Bian, Xihui & others (2022). Spectral denoising based on Hilbert–Huang transform combined with F-test. Frontiers in Chemistry.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ DIGITAL TWIN ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Морозов Ю.С., yury.morozov@gmail.com

Зайцева Т.А., ztan2004@ukr.net

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

В епоху цифрової трансформації стали звичними такі інноваційні підходи як Industry 4.0, Internet of things (IoT) та Big Data, які здобувають дедалі більше застосування в інженерних додатках. У цьому контексті досить часто згадується і концепція цифрових двійників – Digital Twin (DT), які є однією з основних тенденцій останніх десятиліть.

Виходячи з того, що цифровий двійник – це віртуальна копія реального фізичного об'єкта, процесу або системи, такий підхід слушно застосувати у технічних системах будь-якої складності у авіабудуванні, автомобілебудуванні, енергетиці, виробництві та інших сферах [1]. Цифрові двійники широко використовуються для моделювання задач контактної механіки. Завдяки Multibody simulation (MBS) стає можливим і більш вдалим прогнозування, що дозволяє запобігати аварійним ситуаціям, вчасно проводити ремонт, знижувати видатки на експлуатацію.

Завдяки такому інженерному програмному забезпеченню для симуляції та 3D-дизайну, як Ansys, побудова і використання цифрового двійника, стає можливим. Зазвичай, таке проводиться в декілька етапів:

- Створення цифрового двійника на основі даних, отриманих з реальної технічної системи з використанням різноманітних сенсорів, IoT пристроїв, моделей САПР та ін. На основі отриманих даних створюється комп'ютерна модель, здатна достатньо точно відображати всі характеристики фізичної системи: геометрію, навантаження, тиск.
- Моніторинг завдяки даним, які отримуються у режимі реального часу, дає можливість спостерігати за станом системи та виявляти проблеми до того, як вони вплинуть на роботу.

- Аналіз і оптимізація з використанням накопичених даних, завдяки чому стає можливим виявляти відхилення у роботі системи чи окремих її елементів, прогнозувати поломки та оптимізувати процеси.
- Тестування нових режимів без ризику для реальної системи дає можливість змінювати параметри віртуальної системи і спостерігати їх вплив.
- Зниження витрат завдяки можливості проведення дослідів і експериментів на цифровому двійнику.

Завдяки технології Digital Twin із застосуванням Ansys, моделювання системи абсолютно жорсткий штамп-пружній півпростір, дослідження її напружено-деформівного стану стає можливим з більш високою точністю та в режимі реального часу. Це значно спрощує процеси аналізу та оптимізації конструкції, форми, матеріалів штампу та пружного півпростору [2].

Отже, цифрові двійники є потужним інструментом, який дозволяє значно покращити якість управління складними механічними системами, підвищити їх ефективність, зменшити витрати на експлуатацію.

Бібліографічні посилання

1. D. J. Wagg, K. Worden, R. J. Barthorpe, P. Gardner “Digital Twins: State-of-the-Art and Future Directions for Modeling and Simulation in Engineering Dynamics Applications”. ASME J. Risk Uncertainty Part B. Sep 2020, 6(3): 030901 (17 pages)
2. Ansys Digital Twin Simulation-Based Software. URL: <https://www.ansys.com/products/digital-twin> (дата звернення: 27.10.2024).

ШИФРУВАННЯ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ МЕТОДОМ ПЕРЕМІШУВАННЯ ЇХ ІЗ ТРАЕКТОРІЄЮ ХАОТИЧНОГО АТРАКТОРА

Москаленко С. К., oknelaksoms@gmail.com,

Білозьоров В. Є., belozvye2017@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розглянемо нелінійну динамічну систему $\dot{x} = f(x)$, $x \in \mathbb{R}^n$ з початковою умовою x_0 . Припустимо, траєкторії системи утворюють у фазовому просторі хаотичний аттрактор. Також є звуковий сигнал у вигляді часового ряду $S(t)$, який необхідно зашифрувати.

Шифрування звуку полягає у тому, щоб до звукового ряду $S(t)$ додати нормалізовану суму координат траєкторії хаотичного аттрактора:

$$S'(t) = S(t) + k \left(\sum_i^n x_i(t) \right), \text{ де}$$

$$x_i(t+1) = f(x_i(t)), \quad x_i(0) = x_0, \quad k - \text{коєф. нормалізації}$$

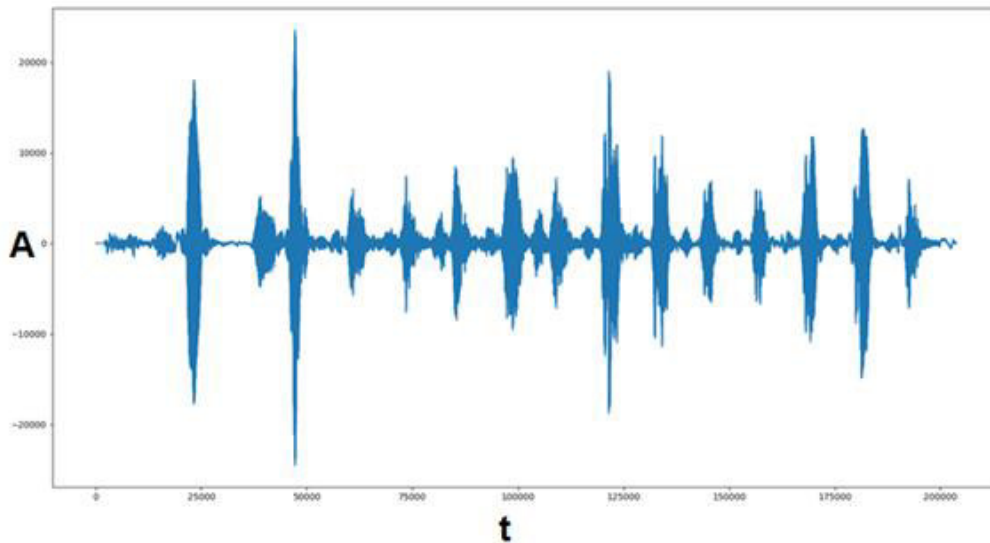
Для дешифрування сигналу **віднімаємо** від ряду $S'(t)$ траєкторію хаотичного аттрактора з такими ж початковими умовами, як і для шифрування:

$$S(t) = S'(t) - k \left(\sum_i^n x_i(t) \right)$$

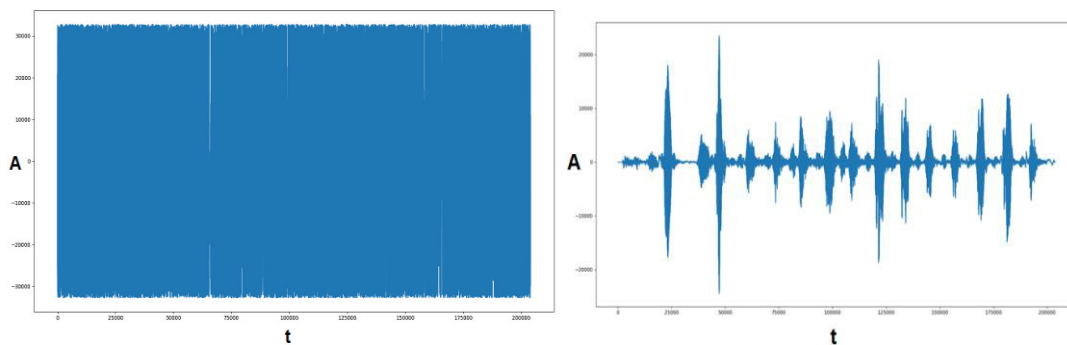
Для прикладу у якості динамічної системи візьмемо систему:

$$\begin{cases} \dot{x} = 0.1 + 0.129(|x|x - 1.75x) - 3(|y|y + 1.79y) + (|z|z) + (|w|w) \\ \dot{y} = 3(|x|x - 1.75x) - 0.298(|y|y + 1.79y) + 2(|z|z) \\ \dot{z} = -(|x|x - 1.75x) - 2(|y|y + 1.79y) + 0.0393(|z|z) + 4(|w|w) \\ \dot{w} = -0.2 - (|x|x - 1.75x) - 4(|z|z) + 0.247(|w|w) \end{cases}$$

За початковий звуковий сигнал візьмемо наступний часовий ряд:



Відповідні зашифрований і розшифрований сигнали представимо у вигляді часових рядів:



Можна стверджувати, що розшифрований та початковий сигнали ідентичні.

Список використаних джерел:

1. Belozyorov V. Y. - Odd and Even Functions in the Design Problem of New Chaotic Attractors // International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 32, No. 14 (2022) 2250218 (26 pages) DOI: 10.1142/S0218127422502182
2. A New Chaotic System With Two Stable Node-Foci Equilibrium; Talal B.,// Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2024.3424695 / 2024. 17p.

ПРО ОДИН ІЗ СПОСОБІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ТРАЄКТОРІЙ

Наконечна Т.В., naktanya@ukr.net

Дніпровський національний університет імені О. Гончара

Уявимо собі горизонтальний більярдний стіл довільної форми, але без луз. По цьому столі без тертя рухається точкова куля, абсолютно пружно відбиваючись від бортів. Виникає питання: *якою може бути траєкторія цієї кулі?* Математична проблема більярда, або проблема траєкторій, полягає в тому, щоб знайти відповідь на це питання. Описана механічна система – точкова куля в більярдній області Q , обмеженої бортом Γ (границею області Q), – і називається математичним більярдом.

Нехай тепер Q – довільна опукла область на площині, обмежена кривою Γ , у якій більярдна куля описує траєкторію $\dots P_{-1}, P_0, P_1, \dots$. Крива γ , що лежить всередині області Q , називається *каустикою*, якщо виконується наступна умова: з того, що хоча б одна ланка $P_k P_{k+1}$ траєкторії більярда $\dots P_{-1}, P_0, P_1, \dots$ дотикається до γ , випливає, що **всі** інші ланки цієї траєкторії дотикаються до цієї траєкторії. Іншими словами, траєкторія більярдної кулі після кожного відбиття від границі Γ торкається до кривої γ – каустики більярда Q . Найпростішим прикладом каустики може служити коло, якого торкається траєкторія більярдної кулі в колі. У круглому більярді існує тільки одне сімейство каустик – концентричні кола. В еліптичному більярді існує два сімейства каустик – це еліпси і гіперболи, співфокусні з Γ – границею області Q .

Нехай задано опуклу криву γ . Виникає питання: як можна побудувати всі криві Γ , для яких γ є каустикою? В.Б. Мінасяном було встановлено простий і наочний факт: нехай $l(\gamma)$ – довжина кривої γ , а S – довільне фіксоване число більше ніж $l(\gamma)$. Тоді $\Gamma = \Gamma_S$ складається з наступної множини точок A : якщо з точки A провести дотичні відрізки до γ , знайти суму довжин цих відрізків і частини кривої γ , укладеної між її кінцями, то ця сума є сталою величиною і дорівнюватиме s .

Запропонована робота присвячена побудові форми більярда (області Q)

якщо задано каустику (криву γ) у деяких окремих випадках.

В роботі [1] було доведено, що для того щоб крива $\Gamma = \Gamma(\varphi)$ була гладкою і строго опуклою необхідно і достатньо, щоб вона була представлена у виді

$$\Gamma(\varphi) = \begin{cases} x(\varphi) = -\theta(\varphi)\sin\varphi - \theta'(\varphi)\cos\varphi \\ y(\varphi) = \theta(\varphi)\cos\varphi - \theta'(\varphi)\sin\varphi \end{cases}, \quad (1)$$

де функція θ належить класу функцій, перша похідна у яких локально абсолютно неперервна на періоді та $\theta(\varphi) + \theta''(\varphi) > 0$ майже всюди на періоді. Тут параметр φ – кут нахилу дотичної до позитивного напрямку осі Ox .

Нехай тепер γ – довільна замкнута, гладка, строго опукла крива. Зафіксуємо число $S > l(\gamma)$. Для довільного кута $\psi \in [0, 2\pi]$ проведемо дотичні $L_1(\gamma)$, $L_2(\gamma)$ до кривої $\gamma = \gamma(\theta, \psi)$ відповідно в точках $M = \gamma(\psi)$ та $N = \gamma(\psi + \alpha)$. Випишемо відповідні рівняння дотичних та знайдемо координати точки їх перетину – точки A . Так як за побудовою відрізки MA і NA повинні утворювати рівні кути з дотичною в точці A шуканої кривої Γ , то положення точки залежить від двох величин – параметра ψ і кута α . Після знаходження координат точок M і N , довжин відрізків $|MA|, |NA|$ і дуги MN приходимо до висновку, що крива Γ_S , для якої $\gamma \in$ каустикою, є геометричне місце A , що задовольняють співвідношенням:

$$\begin{cases} x(\psi) = (\theta(\psi)\cos(\psi + \alpha) - \theta(\psi + \alpha)\cos\psi) / \sin\alpha \\ y(\psi) = (\theta(\psi)\sin(\psi + \alpha) - \theta(\psi + \alpha)\sin\psi) / \sin\alpha \end{cases},$$

$$|MA| + |NA| + l(\gamma) - |MN| = S.$$

Було розглянуто декілька окремих випадків для $\alpha = \pi/2$ функцій $\theta(\varphi) = (k^2 - 1) - \cos k\varphi$, $k = 2, 3, 4, 5$ Побудовано графіки кривих γ та Γ_S в кожному конкретному випадку.

Література

1. Лигун А.А. О некоторых свойствах выпуклых кривых. А.А. Лигун, Т.В. Наконечная / Математичне моделювання. № 2(5). – Днепродзержинск: ДГТУ, 2000, с. 30-33

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТЕСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ЛЕКЦІЙНОГО КОНТЕНТУ

Наріжна Т.О., tanyann11@gmail.com

Наконечна Т.В., naktanya@ukr.net

Дніпровський національний університет імені О. Гончара

Система дистанційного навчання (СДН) — це сукупність організаційних, телекомунікаційних, педагогічних та наукових ресурсів, залучених до створення та практичного здійснення освітніх програм із використанням технологій дистанційного навчання [1].

Досягнення суспільного прогресу, які раніше зосереджувалися в сфері технологій, сьогодні концентруються в інформаційній сфері. Враховуючи, що професійні знання швидко застарівають, їх необхідно постійно вдосконалювати [2]. Саме це обумовлює актуальність дистанційного навчання: воно дозволяє створювати системи масової безперервної самоосвіти та загального обміну інформацією, незалежно від часових і просторових обмежень.

Ця робота присвячена створенню системи автоматизованого тестування студентів із динамічною генерацією тестових завдань за участі викладача та функцією оцінювання. Наразі це завдання є дуже актуальним, оскільки сучасні методи оцінювання знань не завжди здатні комплексно оцінити знання здобувача освіти. Актуальним є також завдання створити систему тестування, яка імітує роботу викладача, ставить студенту визначену викладачем кількість обов'язкових питань та, в залежності від кількості правильних відповідей, пропонує додаткові питання. Усі питання генеруються динамічно. Після завершення тестування студенту виставляється оцінка на основі певної функції оцінювання, вибір якої залежить від теми тесту (чи відповідає він спеціалізації здобувача освіти) і від психофізичної оцінки його особистості. Такий підхід дозволяє повніше оцінити рівень засвоєних знань.

Автори в процесі виконання цієї роботи дослідили принципи комп'ютерного тестування, психофізичні аспекти особистості та їхній вплив на якість засвоєння матеріалу студентом, а також різні веб-системи для навчання і тестування. На основі отриманих знань було розроблено проєкт і програмну реалізацію модуля для адаптивної генерації тестів на основі фактів лекційного контенту з функцією оцінювання.

Література

1. Козак, Л. В. Комп'ютерне тестування в системі навчання. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2016.
2. Бойко, М. І. Оцінювання результатів навчання: методичні аспекти. Київ: Наукова думка, 2014.
3. Moore, M. G., & Kearsley, G. Distance Education: A Systems View of Online Learning. Cengage Learning, 2011.
4. Drasgow, F. (Ed.). Innovations in Computerized Assessment. Routledge, 2015.

ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

Нечитайлов В.О., y1nech.97@gmail.com, Сидорова М.Г.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Навчання з підкріпленням є актуальним напрямом сучасних досліджень, що знаходить своє практичне застосування у найрізноманітніших предметних галузях. Для ефективної реалізації RL необхідно застосовувати сучасні програмні засоби та фреймворки, які полегшують розроблення середовища, агента та відповідних алгоритмів їх взаємодії, огляд та дослідження яких і є метою цієї роботи.

TensorFlow agents [1] та Keras-RL – це одні з найпопулярніших фреймворків для машинного навчання, що включають інструменти для роботи з нейронними мережами та навчання з підкріпленням. PyTorch та Stable-Baselines, зі свого боку, також отримали значну популярність завдяки простоті використання та гнучкості, особливо серед дослідників. PyTorch у поєднанні зі Stable-Baselines надає просту та ефективну платформу для створення RL-агентів, що дозволяє швидко налаштування і тестування моделей.

OpenAI Gym та Gymnasium [2] – платформи, що надають безліч симульованих середовищ для тестування RL-алгоритмів, є дуже популярними для навчання агентів RL завдяки підтримці інтеграції з більшістю фреймворків та розмаїттю задач. Пропонується широкий вибір середовищ, які підходять для навчання агентів у віртуальних умовах, що дозволяє тренувати агентів у різних умовах, включаючи класичні контрольні завдання, ігри та фізичні симуляції.

Для симуляції та тестування RL моделей також використовують такі інструменти, як Unity ML-Agents та фізичні симулятори, наприклад, Mujoco та Bullet Physics. Фізичні симулятори допомагають тестувати

агентів у реалістичних умовах, що робить їх придатними для складних задач оптимізації руху агентів у робототехніці та автоматизації.

Різні фреймворки та симулятори мають свої сильні та слабкі сторони. Порівняння цих інструментів включає такі критерії, як продуктивність, доступність документації та можливості інтеграції з іншими системами. TensorFlow підходить для задач з великим обсягом даних та має хорошу підтримку документації, тоді як PyTorch більше орієнтований на дослідження та експерименти, завдяки більшій гнучкості та швидкості розробки. Вибір фреймворку залежить від специфіки задачі, що може охоплювати ігрові середовища, фізичні симуляції чи промислові рішення.

Навчання з підкріпленням стикається з низкою викликів, серед яких налаштування гіперпараметрів, значні вимоги до обчислювальних ресурсів та стабільність навчання агентів. Сучасні розробки зосереджені на підвищенні продуктивності RL-інструментів, зниженні обчислювальних вимог та спрощенні інтеграції з іншими програмними засобами.

Програмні засоби для реалізації навчання з підкріпленням відіграють важливу роль у розвитку сучасних технологій, дозволяючи створювати ефективних агентів для різних сфер. Правильний вибір фреймворку може значно вплинути на успішність реалізації RL-проєкту.

Список використаних джерел:

1. Introduction to Reinforcement Learning with TensorFlow Agents [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.tensorflow.org/agents/tutorials/0_intro_rl.
2. Gymnasium Documentation. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://gymnasium.farama.org>

МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ІТ-ГАЛУЗІ ЗА РЕГІОНАМИ УКРАЇНИ

Овсієнко В.О., Vladik.03853@gmail.com, Степанова Н.І.

Дніпровський Національний Університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Ситуація на ринку праці в ІТ-секторі привертає увагу не лише дослідників, але й представників бізнесу. Чимало питань, пов'язаних з прогнозами розвитку, можливим перегрівом ринку, створенням ІТ-кластерів, визначенням переваг і недоліків української ІТ-галузі, порушують у своїх роботах Р.А. Винничук і Т.В. Склярчук [1], Е. Рубин [2], а також у розмовах із представниками бізнесу Дарина Стремetsька [3] та Анна Грабовська [4], ІТ-спільнота dou та інші.

Аналітики спільноти програмістів на сайті dou.ua опублікували результати опитування серед топ-менеджерів відомих українських ІТ-компаній. Це опитування було спрямоване на виявлення як позитивних, так і негативних чинників, що впливають на ведення ІТ-бізнесу в різних регіонах України.

У дослідженні було визначено 23 критерії для оцінки стану ІТ-галузі, які розділили на три основні категорії: "Інвестиційна привабливість регіонів України", "Внутрішній стан ІТ-ринку України" та "Заробітна плата".

За допомогою використання принципів побудови моделі прийняття багатокритеріальних рішень в умовах детермінованих вихідних даних, реалізовано етап синтезу методології прийняття рішень в умовах багатокритеріальності і інтервальної невизначеності.

В рамках дослідження розроблено систему оцінки кожного показника стану ІТ-галузі в регіонах України. Для кожного критерію створено шкали оцінювання, що включають як числові значення, так і якісні дво- та трирівневі шкали.

На основі розробленої моделі було проведено розрахунки показників по кожному регіону, а також комплексного індексу стану ІТ-галузі. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу визначено силу зв'язку між окремими факторами та загальним показником, а також оцінено значущість впливу цих факторів на результат.

Отримані результати свідчать, що всі включені до моделі фактори мають істотний вплив на загальний показник, що дозволяє достовірно визначити стан ІТ-галузі. Крім того, модель було визнано адекватною за критерієм Фішера.

Бібліографічні посилання

1. Винничук Р.О. Особливості розвитку ІТ-ринку в Україні: стан та тенденції / Р.О. Винничук, Т.В. Склярчук // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Логістика. – 2015. – № 833. – С. 3-8.
2. Рубин Э. Перемога под елочку: ІТ-кластер координує програму облсовета “ІТ-Харьковщина” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/columns/it-kharkiv>.
3. Стремetsька Дарина. Регулювання і перспективи ІТ-ринку України [Електронний ресурс] / Дарина Стремetsька. – Режим доступу: <https://dou.ua/forums/topic/22075/>.
4. Грабовская Анна. Токсичный HR: действия, которые отравляют команду [Електронний ресурс] / Анна Грабовская. – Режим доступу: <https://dou.ua/lenta/articles/toxic-hr/>.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Овсов М.В., Верба О.В. misha.ovsov@gmail.com, olvi_ver@ukr.net

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасному цифровому світі все більше закладів вищої освіти (ЗВО) переходять на електронний документообіг, що дозволяє оптимізувати процеси планування та обліку. Одним із ключових елементів в управлінні навчальними процесами є формування навчального навантаження, яке є основою для побудови розкладів, визначення аудиторних та дистанційних занять, а також розподілу часу між лекціями, лабораторними роботами та іншими видами діяльності. Навчальні плани у ЗВО формують загальне уявлення про навчальне навантаження. Вони містять перелік дисциплін за спеціальностями та кафедрами, види занять (лекції, лабораторні роботи та ін.), кількість годин на кожен вид діяльності, що в сукупності створює базу для побудови розкладів. Впровадження цифрових систем для автоматизації цих процесів дозволяє зменшити людський фактор, підвищити точність та ефективність планування.

Метою даної роботи є розробка моделі системи для розрахунку навчального навантаження на основі існуючих навчальних планів, а також створення програмного забезпечення для впорядкування та обробки даних.

Було розроблено шість програм, кожна з яких вирішує окремі аспекти обліку та впорядкування інформації щодо навчального навантаження. Список програм включає: Форма 1; Перелік дисциплін по кафедрам/спеціальностям; Перелік дисциплін; Дисципліни по кафедрам; Лекції по ОПП (освітньо-професійні програми); Лабораторні роботи по ОПП; Навантаження по курсам.

Реалізація цих програм дозволяє автоматизувати процеси розрахунку та аналізу навчального навантаження, що сприяє покращенню організаційної діяльності ЗВО, ефективнішому розподілу ресурсів і часу, а також адаптації до потреб сучасної освіти.

**ЗАДАЧА ПОДАЧІ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ІННОВАЦІЙНОГО
ЦИЛІНДРИЧНОГО ПРИНТЕРА ТИПА FUGO****Орлов С.К, cetcat18@gmail.com****Наконечна Т.В., naktanya@ukr.net***Дніпровський національний університет імені О. Гончара*

Однією з важливих задач, яка виникає при побудові програмного забезпечення для інноваційного циліндричного 3D принтера Fugo [1], є своєчасна подача матеріалу в циліндричний драм, який обертається з приблизною швидкістю в 25 обертів в секунду [1]. Процес подачі матеріалу повністю контролює товщину кожного шару, який буде надрукований рухомою головою з лазерними установками.

При запіканні кожного наступного шару моделей спеціальний поршневий насос подає заздалегідь визначений об'єм матеріалу (в мм^3) в циліндричний драм, збільшуючи рівень матеріалу над попереднім запеченим $i - 1$ шаром на висоту h_i для формування наступного i -го шару (рис. 1)

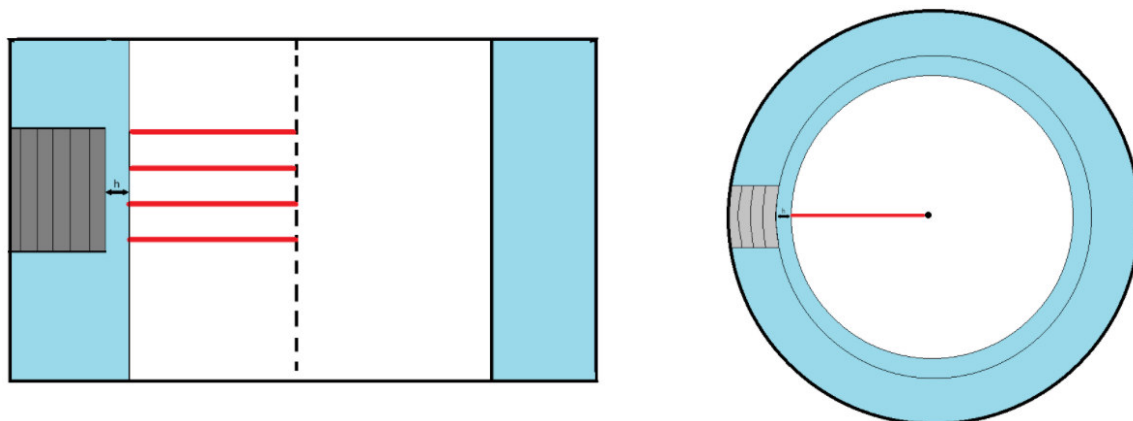


Рисунок 1. Люстрація в розрізі подачі матеріалу в циліндричний драм, який обертається, збільшуючи рівень матеріалу на висоту наступного шару h для його подальшого запікання.

Для загальності не будемо обмежувати друк принтера сталою висотою (товщиною) шарів. Тобто від користувача надана така послідовність товщин для всіх шарів $L_i, i \in [0, n]$ $h_i \in [h_1, h_2]$, де h_1, h_2 задані константи, залежні від матеріалу.

Задача програмного забезпечення – надати принтеру послідовність чисел v_i , які належать «джоб» файлу для друку, де v_i – об’єм матеріалу, який необхідно додати в драм за допомогою насоса для кожного шару, вважаючи, що компоненти насоса здатні додавати матеріал заданого об’єму в задовільній точності.

Далі для наступних роздумів будемо вважати, що циліндричний драм виконаний по принципу ідеального циліндра, тобто кришка та дно драма є ідеально рівні поверхні перпендикулярні до осі обертання. В реальності прототип принтера не є таким, що робить задачу більш глибокою, але принцип залишається таким самим.

Для розрахунку об’єму матеріалу, який необхідно додати в ідеальний циліндр, можна знати об’єм циліндра звуженого до лінії рівня a матеріалу (рис. 1) та відняти від нього об’єм циліндра звуженого до бажаної лінії матеріалу b . Така різниця і буде шуканим об’ємом, що треба додати до циліндру, щоб отримати рівень матеріалу заповнений до b (рис. 1). Так як кожному шару L_i відповідає радіус зрізу (слайсу) R_i на якому він зроблений, можна з легкістю обчислити таку різницю об’ємі знаючи формулу об’єму циліндра:

$$V_i = \pi h(R_{i-1}^2 - R_i^2)$$

Якщо поглянути на інженерне креслення прототипу драма в розрізі, біля дна можна побачити декілька кривих і прямих ліній, що роблять обчислення об’єму звужених до ліній рівня більш складними. Для такої задачі були використані формули для обчислення об’ємів тіл обертання, які були пристосовані до кусочно неперервних функцій, що представляли профіль драма.

Бібліографічні посилання

1. Орлов, С. & Наконечна, Т. Сучасні методи адитивного виробництва тривимірних об’єктів на основі принтера типу FUGO: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, на тему «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (с. 318-319). 22-24 листопада, 2023, Дніпро, Україна.

РЕСУРСИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ НАВЧАННЯ З УЧИТЕЛЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СУСПІЛЬНИХ НАСТРОЇВ

Павлюк Д.І., coster730@gmail.com

Байбуз О.Г., baibuz_o@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасну епоху цифрової комунікації обробка великих обсягів даних стала ключовим елементом для розуміння суспільних настроїв і реакцій на різноманітні новини. Новинні інтернет-ресурси надають можливості для збору даних необхідних для побудови моделей машинного навчання з учителем (Supervised Learning), які дозволяють автоматизувати аналіз настроїв, негативу чи лояльності до певних тем з урахуванням соціально-культурного контексту. Перш за все нас цікавлять текстові дані, оскільки їх аналіз є простішим у порівнянні з мультимедійними форматами.

Охоплення аудиторії. За даними опитування Київського міжнародного інституту соціології, проведеного 4–20 вересня 2023 року, 44% респондентів отримують інформацію з Telegram-каналів, 43% — з телебачення (переважно старші респонденти), 36% — з YouTube-каналів і 34% — з новинних інтернет-видань [1].

Telegram. У Telegram текстові пости залишаються основним типом контенту, складаючи понад 50% всіх публікацій. Однак частка відео та іншого мультимедійного контенту зростає, особливо в розважальних та новинних каналах. Технічна реалізація збору текстових даних можлива за допомогою бібліотеки TDLib, призначеної для роботи з Telegram API [2].

YouTube. Оскільки YouTube є відеохостингом, відеоконтент переважає серед публікацій, зокрема й у вкладці «Спільнота». Аналіз відео публікацій потребує використання складніших інструментів та більших обчислювальних ресурсів, ніж для тексту. Хоча й можливий аналіз

заголовків, описів і транскрипцій відео, безпосередній зміст мультимедійного матеріалу часто втрачається, що ускладнює роботу з даними. Технічна реалізація збору даних представлена YouTube Data API [3].

Новинні сайти. Перед розглядом новинних сайтів як джерела даних варто зазначити, що більшість медіа мають відповідні Telegram- та YouTube-канали. При отриманні даних безпосередньо з новинних сайтів слід враховувати відсутність спеціальних API для розробників, тому необхідна додаткова робота порівняно з іншими джерелами, як-от отримання інформації через API або веб-скрапінг. Крім того, секції коментарів зазвичай відсутні або мають низьку активність користувачів.

Висновок. З огляду на вищезазначену інформацію, найбільш підходящою платформою є Telegram, спираючись на характер публікацій, велике охоплення та наявність API для розробників.

Список використаних джерел:

1. Вересень 2023. Дослідження громадської думки для Консультативної місії Європейського Союзу в Україні. URL: https://kiis.com.ua/materials/pr/20231026_r/AReport_PublicSurvey_EUAM_sept2023_ukr_public.pdf
2. Telegram Database Library URL: <https://core.telegram.org/tdlib>
3. Data API URL: <https://developers.google.com/youtube/v3?hl=ru>

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМАТИЧНОГО РОТАЦІЙНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА

Пасічник А. М., Нежумиря Д. В., d.aki.130613@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Одним із ключових завдань сучасного виробництва є підвищення рівня автоматизації та механізації виробничих процесів, в якому важливу роль відіграють механізовані інструменти. Використання технологій малої механізації підвищує продуктивність, знижує потребу в робочій силі та покращує умови праці. Серед механізованих інструментів широке застосування мають пневматичні машини з ротаційними двигунами, які забезпечують високу надійність та достатньо прості в експлуатації.

Теорія роботи ротаційних пластинчастих двигунів добре розроблена, проте потребує удосконалення, оскільки аналіз досвіду експлуатації ручних машин з такими двигунами дозволив виявити їх наступні недоліки:

- недостатній об'єм робочої камери призводить до неефективного режиму роботи;
- великі обсяги витрат стисненого повітря та достатньо низький коефіцієнт корисної дії (ККД);
- швидкий знос робочих лопаток, що утворюють робочу камеру;
- високий рівень шуму та вібрацій, що перевищує санітарні норми;

Ці проблеми зумовлюють необхідність оптимізації конструкції ротаційних двигунів з метою підвищення їхньої ефективності та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Метою даної роботи є розробка математичної моделі функціонування та оптимізації параметрів принципово нової конструкції пневматичного ротаційно-поршневого двигуна робоча камера якого утворюється клапаном впуску, поршнем ротора та корпусом двигуна. Принцип дії: обертання ротора здійснюється за рахунок подачі стисненого

повітря до робочої камери, об'єм якої неперервно змінюється реалізуючи робочий процес.

Основними критеріями оптимізації параметрів двигуна є максимізація крутного моменту та мінімізація пульсацій моменту для зменшення вібрацій. Для розрахунку одиничного крутного моменту отримано наступне співвідношення:

$$m = 2\varepsilon r \sin^2 \left[\frac{\varphi}{2} + \frac{1}{2} \arcsin \frac{\varepsilon \sin \varphi - y_d/R}{r} \right] + \frac{a\varepsilon}{2} \cos \left[\arctg \frac{y_c - y_d}{x_c - x_d} - \arcsin \frac{\varepsilon \sin \varphi - y_d/R}{r} \right] \cdot \sin \left[\varphi + \arcsin \frac{\varepsilon \sin \varphi - y_d/R}{r} \right]. \quad (1)$$

Проведено розрахунки коефіцієнту пульсації крутного моменту, який характеризує співвідношення між максимальним, мінімальним та середнім значеннями крутного моменту і визначається за формулою:

$$\delta = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\Sigma \text{cp}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де – сумарний момент на валу двигуна.

За результатами розрахунків встановлено, що для мінімізації пульсацій крутного моменту необхідно в конструктивну схему реалізації двигуна включити три робочих камери зі зміщенням на кут $2/3\pi$.

Визначено також коефіцієнт використання об'єму як відношення об'єму робочої камери до габаритного об'єму двигуна:

$$K_V = \frac{1}{2\pi} \varphi - \frac{1}{2\pi} \left(\frac{r}{R} \right)^2 \left(\varphi + \arcsin \frac{\varepsilon \sin \varphi - y_k}{r} \right) - \frac{1}{2\pi \sqrt{b^2 + 1}} \cdot \frac{y_k}{R} + \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\frac{a_k^2}{R} \right)^2, \quad (3)$$

що дозволило оптимізувати ефективність використання об'єму двигуна:

Результати дослідження показують, що пневматичний ротаційно-поршневий двигун має потенціал для подолання основних недоліків ротаційних пластинчастих двигунів, зокрема шуму, вібрації та зносу. Оптимізація конструктивних параметрів цього типу двигунів дозволить значно підвищити їх ефективність та знизити енергетичні витрати.

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА РІВЕНЬ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ

Пасічник А. М., Ріпа М. Ю., ripami25@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Дослідження механічних коливань та поширення звукових хвиль є важливим у контексті вирішення проблем нормування звукового тиску та ізоляції шуму, оскільки механічні коливання й акустичні хвилі мають негативний вплив на здоров'я людей а також на експлуатаційні властивості обладнання. Важливість даного дослідження обумовлена необхідністю удосконалення систем екстреного оповіщення населення, зокрема за рахунок оптимізації параметрів та місць розміщення джерел звукових сигналів. Тому розробка та удосконалення методів розрахунку параметрів механічних коливань та відповідного рівня генерації звукового тиску має актуальне значення для забезпечення безпечних та надійних умов роботи операторів і обладнання.

Було проведено дослідження механічних коливань у системах з одним і двома степенями свободи, а також результати їх впливу на акустичні хвилі. Основна увага зосереджена на аналізі резонансних явищ, амортизації, передачі коливань через конструкції та впливу на людину.

У системах з одним степенем свободи розглянуто коливання, що виникають під дією зовнішніх сил. У результаті запропоновано математичні моделі для опису руху маси з урахуванням амортизації та зовнішньої періодичної сили. Також виявлено, що амортизація дозволяє значно знизити амплітуду коливань, особливо у випадках резонансу, коли частота зовнішньої сили збігається з власною частотою коливань системи.

Для систем з двома степенями свободи, при пружному з'єднанні двох мас, встановлено, що така система має дві частоти власних коливань які залежать від параметрів пружності та величини мас. При жорсткому

зв'язку між масами одна з частот досягає максимального значення, а інша стає нульовою. Це дозволяє оптимізувати систему для зменшення вібрацій.

Досліджено передачу вібрацій через конструкційні елементи та отримано співвідношення для розрахунку коефіцієнта передачі коливань. Показано, що цей коефіцієнт залежить від співвідношення частоти коливань та власної частоти коливань системи. Оптимізація параметрів амортизації дозволяє зменшити передачу вібрацій та забезпечити ефективну роботу обладнання.

Визначено вплив механічних коливань на рівень звукового тиску. Показано, що амплітуда та частота коливань визначають інтенсивність акустичних хвиль. Для систем з великими поверхнями рівень звукового тиску пропорційний швидкості коливань. Це дозволяє визначати рівень шуму та оптимізувати конструкції для зменшення негативного впливу шуму.

Розглянуто також питання впливу шуму та механічних вібрацій на людину. Визначено, що тривалий вплив акустичного тиску на рівні 70-120 дБ призводить до зниження продуктивності праці на 15-25%, розвитку хронічної втоми, погіршення слуху та сну.

За результатами проведеного дослідження розроблено пропозиції щодо зниження впливу шуму та вібрацій на людину та обладнання. Пропонується оптимізувати частоти коливань та використовувати системи з амортизацією, які зменшують амплітуду коливань, що, своєю чергою, знижує рівень шуму. Також рекомендується враховувати частотний спектр шуму для вибору ефективних методів його ізоляції, оскільки високочастотний шум є найбільш шкідливим для здоров'я. Також запропоновані підходи та математичні моделі можуть бути застосовані при проектуванні промислового обладнання з метою підвищення надійності, зменшення вібрацій та покращення їх експлуатаційних властивостей.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВОГО ТЕРТЯ СНАРЯДА НА ДАЛЬНІСТЬ ПОЛЬОТУ ТА БОКОВОВЕ ВІДХИЛЕННЯ

Пасічник А. М., Циба В. В., aksel1455@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

Одні із перших досліджень з кінематики були зумовлені винаходом вогнепальної зброї та необхідністю розрахунку траєкторії польоту снаряда. З тих часів дана задача стала класичною як з теоретичної так із практичної точок зору. Тому подальший розвиток математичних моделей і методів дослідження впливу різних факторів на траєкторію польоту снаряда має важливе значення і на даний час є достатньо актуальним.

Однією з ключових сил, що впливають на снаряд під час його руху в повітрі, є сила Магнуса, яка виникає в результаті взаємодії обертального руху снаряда та повітряного середовища, створюючи бічну силу, що змушує траєкторію відхилятися від початкового напрямку. Сила Магнуса прямо пропорційно залежить від кутової швидкості обертання снаряда навколо власної осі, а також від швидкості його поступального руху. Проте кутова швидкість поступово зменшується через дію моменту поверхневого тертя повітря, що призводить до зміни величини сили Магнуса під час польоту. Це явище потребує вивчення для більш точного врахування впливу аеродинамічних факторів на траєкторію, особливо для далекобійної артилерії, де незначні відхилення можуть істотно вплинути на точність.

В даній роботі проведено дослідження впливу поверхневого тертя на зниження швидкості обертання снаряда та на дальність польоту і бокове відхилення снаряда. Розглядається математична модель траєкторії руху снаряда, яка включає два пов'язаних диференціальних рівняння, перше для поступального руху снаряда і друге – для обертального (6DOF) [1]:

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\frac{\rho v S C_D}{2m} \mathbf{v} + \frac{\rho S C_{L\alpha}}{2m} [v^2 \mathbf{x} - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{v}] - \frac{\rho S C_{Np\alpha}}{2m} \frac{I_t}{I_p} (\mathbf{h} \cdot \mathbf{x}) (\mathbf{x} \times \mathbf{v}) + \mathbf{g}, \quad (1)$$

$$\frac{d\mathbf{h}}{dt} = \frac{\rho v S d^2 C_{lp} k}{2I_p} (\mathbf{h} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{x} + \frac{\rho v S d C_{M\alpha}}{2I_t} (\mathbf{v} \times \mathbf{x}) + \frac{\rho S d^2 C_{p\alpha}}{2I_p} (\mathbf{h} \cdot \mathbf{x}) [\mathbf{v} - (\mathbf{v} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{v}] + \frac{\rho v S d^2 (C_{Mq} + C_{M\alpha})}{2I_t} [\mathbf{h} - (\mathbf{h} \cdot \mathbf{x}) \mathbf{v}], \quad (2)$$

де ρ – густина повітря, $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ – значення швидкості польоту снаряда, $S = \frac{\pi d^2}{4}$ – площа поперечного перерізу снаряда, m – маса снаряда, \mathbf{x} -одичний вектор повздожньої вісі снаряда, \mathbf{h} – вектор моменту імпульсу, I_t – екваторіальний момент інерції, I_p – полярний момент інерції, \mathbf{g} – вектор прискорення вільного падіння, k – коефіцієнт врахування моменту поверхневого тертя (при $k = 0$ поверхневе тертя не враховується, при $k = 1,5$ вплив поверхневого тертя збільшено на 50%), C_D – коефіцієнт сили лобового опору повітря, $C_{L\alpha}$ – коефіцієнт підйомної сили, $C_{Np\alpha}$ – коефіцієнт сили Магнуса, C_{lp} – коефіцієнт моменту поверхневого тертя, $C_{M\alpha}$ – коефіцієнт моменту Магнуса, $C_{p\alpha}$ – коефіцієнт перекидаючого моменту, $(C_{Mq} + C_{M\alpha})$ – коефіцієнт демпфуючого моменту.

Дослідження залежності дальності польоту і бокового відхилення від сили поверхневого тертя і зменшення швидкості проведено для снаряда 105 мм кинутого початковою швидкістю $v_0 = 494$ м/с для різних кутів кидання від 15° до 70° і значень параметра $k = 0$ (а), $k = 1,5$ (б). Результати проведених розрахунків показують, що вплив поверхневого тертя на дальність польоту снаряда становить близько 1% (хх-хх м), а на бокове відхилення – 8-20% (хх-хх м). При цьому, відсутність впливу поверхневого тертя ($k = 0$) на швидкість обертання снаряда призводить до збільшення бокового відхилення. Це пояснюється тим, що сила Магнуса, яка діє перпендикулярно до площини руху снаряда, зростає зі збільшенням частоти його обертання.

1. McCoy R. L. Modern Exterior Ballistics. Atglen, PA. : Schiffer Military History, 2012. 328 p.

ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА ФОНДОВИХ РИНКАХ

Патіка Д.Є., patika.d20@365.dnu.edu.ua

Дзюба П.А., dziuba_p@fpm.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Прогнозування цін фінансових активів є однією з найважливіших задач у сфері фінансового аналізу та управління ризиками. В умовах глобалізації ринків та зростання обсягу фінансових операцій, точне передбачення тенденції активів стає вирішальним фактором для ефективного прийняття рішень. Однією з основних причин такого підвищеного інтересу до такого роду задач є складність і мінливість фінансових ринків, що потребують інструментів, здатних враховувати не лише історичні дані, але й потенційні ризики та зовнішні фактори, що можуть вплинути на цінові коливання.

У минулому столітті економісти почали активно залучати математичні підходи для аналізу, і тому великої популярності набули математичні моделі регресійного аналізу та аналізу часових рядів. Особливо багато уваги отримали моделі часових рядів, що послугувало появі таких моделей як ARMA, GARCH та багатьох їх модифікацій [1].

Розвиток нейронних мереж за останні десятиліття не обійшов стороною і сферу фінансів. Багато дослідників побачили перспективи у залучанні нейронних мереж до прогнозування і на цей час існує вже багато робіт з використанням різних типів мереж [2].

Метою даної роботи є побудова популярних математичних моделей прогнозування, що добре зарекомендували себе і досі використовуються, та порівняння їх, за допомогою відомих метрик R^2 , RMSE, MAE, MAPE, із рекурентними нейромережами, що вважаються більш придатними для прогнозування в порівнянні з іншими.

Список використаних джерел

1. George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel and Greta M. Ljung, Time Series Analysis: Forecasting and Control, 5th Edition, p. 709, 2015.
2. A. Moghar, M. Hamiche, Stock Market Prediction Using LSTM Recurrent Neural Network. International Workshop on Statistical Methods and Artificial Intelligence, pp. 1168-1173, 2020.

НОВА АРХІТЕКТУРА ФРЕЙМВОРКА REACT NATIVE

Перемітько М.В., milhailperemitko@gmail.com, Надригайло Т.Ж.,
ntatiana62@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет

React Native — це фреймворк для створення кросплатформених мобільних додатків для iOS та Android з використанням JavaScript та React. Цей фреймворк здійснює рендеринг інтерфейсу за допомогою нативних компонентів, а через підтримку нативних модулів можна використовувати специфічні функції кожної платформи.

Стара архітектура React Native використовувала "міст" для взаємодії між JavaScript і нативними компонентами додатку на Swift/Objective-C для iOS та Java/Kotlin для Android. У цій архітектурі JavaScript-код виконувався в окремому середовищі JavaScript Core, а всі операції з нативними компонентами проходили через асинхронний міст, що працював як інтерфейс між JavaScript і нативним кодом через чергу повідомлень. Дані передавалися в серіалізованому вигляді, що спричиняло затримки при обробці складних структур.

Цей підхід обмежував швидкість обміну даними і перешкоджав прямій взаємодії JavaScript з нативним кодом у режимі реального часу, що ускладнювало роботу з інтерфейсами, де потрібна швидка реакція, як-от для анімацій. Виклик нативних модулів через міст вимагав асинхронності, а View Managers, що управляли нативними UI-елементами, також обмежувалися асинхронністю, знижуючи плавність анімацій. Асинхронні операції оброблялися через зворотні виклики, що також зменшувало швидкість обміну даними. Загалом, асинхронний міст, серіалізація та обмежена пропускну здатність створювали проблеми для продуктивності та обмежували гнучкість при створенні складних UI-компонентів.

Нова архітектура React Native, відома як Fabric, була створена для усунення обмежень старого асинхронного мосту та покращення продуктивності додатків. Основною зміною стало запровадження прямої і

синхронної взаємодії між JavaScript і нативним кодом, замість використання старого мосту. Fabric включає три ключові компоненти: JavaScript Interface (JSI), систему синхронного рендерингу та Turbo Modules.

JSI дозволяє JavaScript напряму звертатися до нативного коду без серіалізації даних, що усуває затримки, характерні для старого мосту. Це прискорює взаємодію з нативними компонентами, такими як анімації. Система синхронного рендерингу забезпечує узгоджений рендеринг для JavaScript і нативного коду, синхронізуючи стан компонентів і підвищуючи плавність UI.

Turbo Modules дають змогу JavaScript динамічно завантажувати нативні модулі за потребою, що зменшує початкове завантаження додатку та знижує витрати пам'яті. Основні відмінності нової архітектури від старої полягають у переході до синхронної взаємодії через JSI, що дозволяє уникнути затримок, синхронному оновленню інтерфейсу та оптимізованому завантаженню модулів. Загалом, нова архітектура React Native значно покращує продуктивність і ефективність додатків, знімаючи обмеження старої системи.

Основним недоліком при переході на нову архітектуру є складність міграції існуючої кодової бази та нативних модулів, що вже використовуються у наявному програмному забезпеченні. Крім цього, не всі бібліотеки, написані для старої архітектури, одразу підтримують ці зміни. Це може призвести до необхідності оновлення, модифікації або повної заміни певних рішень для забезпечення їхньої сумісності з новою архітектурою. Попри це, перехід на нову архітектуру фреймворка є необхідним кроком, який спільнота React Native розробників має зробити задля подальшого розвитку технології та стабільності створюваних програмних продуктів.

ПОБУДОВА СИНХРОННОЇ БУЛЕВОЇ МОДЕЛІ ГЕННОЇ МЕРЕЖІ

Піліпас М.С., pilipas.official@gmail.com

Наконечна Т.В., naktanya@ukr.net

Дніпровський національний університет імені О. Гончара

Живі системи мають надзвичайно складну внутрішню структуру. Їхньою унікальною особливістю є здатність до самовідтворення і адаптації до змінних умов навколишнього середовища. Важливу роль у функціонуванні цих систем відіграють генні мережі, які забезпечують виконання ключових життєвих функцій організмів. Як правило, генні мережі складаються з десятків і навіть сотень елементів, що взаємодіють через складні нелінійні процеси.

У цій роботі розглядається синхронна булева модель генної мережі. У межах цієї моделі мережа представлена у вигляді графа, де кожній вершині відповідає певний ген (булева змінна, що вказує на активність гена), а також булева функція, яка визначає його стан у наступний момент часу на основі поточного стану всієї мережі.

Метою цієї роботи було розробити і реалізувати алгоритм для аналізу динаміки генної мережі в межах цієї моделі, що дозволяє визначити всі її стаціонарні та циклічні стійкі стани. Існуючі методи розв'язання подібних задач вимагають значних ресурсів часу і пам'яті, що ускладнює дослідження великих мереж. Тому було вирішено розробити методи, що дозволяють працювати з мережами меншої розмірності. Під час виконання роботи були здійснені такі етапи:

1. Вивчено нову предметну область теорії функціонування генних мереж і підготовлено огляд літератури;
2. Розглянуто існуючі методи вирішення задачі та визначено їхні обмеження;
3. Визначено вимоги до рішення задачі;

4. Розроблено та формалізовано новий метод, що базується на ієрархічній декомпозиції мережі:
 - Розроблено підхід до ієрархічної декомпозиції графа;
 - Створено алгоритм помодульного розрахунку динаміки мережі;
5. Оцінено складність і ефективність розроблених алгоритмів;
6. Створено програмний засіб для реалізації запропонованих алгоритмів;
7. Проведено налагодження і тестування цього засобу на випадкових мережах, що підтвердило його ефективність;
8. Виконано дослідження великих реальних генних мереж;
9. Підбито підсумки роботи.

Актуальність і новизна роботи полягають у тому, що, отримавши повні дані про динаміку мережі, стає можливим провести її стійкісний аналіз – дослідити реакцію мережі на зовнішні фактори, вивчити її поведінку при мутаціях, а також виокремити групи регуляторних генів, що мають вирішальний вплив на функціонування мережі. Раніше подібні дослідження проводилися лише на основі структурної інформації, без урахування реальних динамічних характеристик мережі.

Література

1. В.К. Sawhill, S.A.Kauffman. Phase transitions in logic networks // Working paper, Sana Fe Institute. 1997.
2. Luiz Mendoza, Denis Thieffry, Elena R. Alvarez-Buylla. Genetic control of flower morphogenesis in *Arabidopsis thaliana*: logic analysis // Bioinformatics vol. 15. 1999. С. 593-606.

ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Полонська А.Є., polindroma@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Зростання населення світу і необхідність збільшення виробництва продовольства створюють серйозні виклики для сільського господарства. Оскільки ресурси, такі як земля, вода та добрива, є обмеженими, традиційні методи сільськогосподарського виробництва не здатні забезпечити необхідний обсяг продукції та ефективно вирішити проблему продовольчої безпеки. Ця ситуація вимагає від аграрного сектору впровадження інноваційних технологій, які дозволяють ефективніше використовувати наявні ресурси і водночас знижувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Агродрони — один із найперспективніших інструментів для забезпечення точного землеробства, зниження витрат на ресурси та підвищення врожайності. Інноваційні рішення можуть допомогти зменшити витрати та покращити управління сільськогосподарськими процесами, забезпечуючи точне внесення добрив і пестицидів, моніторинг стану полів у режимі реального часу, виявлення шкідників і хвороб. Вони сприяють підвищенню врожайності та якості продукції, знижують ризики та витрати.

Агродрони використовуються для швидкого та точного збору даних про стан полів, що дозволяє фермерам вчасно реагувати на зміни та оптимізувати управління сільськогосподарськими процесами. Процес моніторингу стану полів за допомогою агродронів можна описати в кілька етапів:

1. Збір зображень та даних: дрон обладнаний камерами високої роздільної здатності, мультиспектральними та тепловими сенсорами, що дозволяє здійснювати фото- та відеозйомку полів з висоти; мультиспектральні камери можуть вловлювати різні спектри світла

(інфрачервоне, червоне, синє тощо), що дозволяє отримувати інформацію про фотосинтетичну активність рослин; інфрачервоні та теплові сенсори використовуються для визначення температури рослин, що допомагає виявляти стресові умови, зокрема нестачу води.

2. Аналіз даних за допомогою програмного забезпечення: отримані зображення та дані обробляються в спеціалізованому програмному забезпеченні, яке може використовувати штучний інтелект для аналізу стану рослин, оцінки рівня вологості ґрунту, визначення зон із шкідниками або хворобами; важливим інструментом є NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — індекс рослинності, який показує, наскільки добре розвиваються рослини. За допомогою NDVI фермери можуть ідентифікувати ділянки зі слабким або нерівномірним розвитком культур.

3. Прийняття рішень: проаналізувавши зібрані дані, фермер може приймати точні рішення щодо подальших дій: наприклад, де потрібно додатково обробити рослини добривами або пестицидами, або ж провести зрошення.

4. Моніторинг у реальному часі та динамічне коригування дій: використання агродронів дозволяє фермерам бачити зміни в стані полів у реальному часі, що є особливо корисним під час непередбачуваних змін, таких як посуха чи напади шкідників; завдяки можливості періодичного моніторингу, фермери можуть відстежувати динаміку розвитку культур та коригувати свою стратегію залежно від змін у навколишніх умовах.

Висновок. Впровадження інноваційних технологій на основі агродронів дозволяє створити нові можливості для підвищення продуктивності сільськогосподарських підприємств та задовольнити зростаючий попит на якісні продукти харчування.

ЗАСТОСУВАННЯ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Полонська А.Є., polindroma81@gmail.com,

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Останні кілька років дистанційне навчання стало надзвичайно популярним і актуальним. За цей час сфера програмного забезпечення для дистанційного навчання значно розвинулась — від простих інструментів, таких як сервіси Google, до повноцінних веб-платформ, що надають набір функціональних інструментів для організації навчального процесу. Зазвичай ці платформи пропонують універсальний набір інструментів, які підходять для всіх освітніх галузей, при цьому можливість адаптувати їх під специфічні потреби окремих дисциплін є обмеженою.

Розглянемо проблему моніторингу знань, які здобуваються під час дистанційного навчання. Одним з можливих рішень є проведення усних опитувань, але цей метод займає багато часу і вимагає присутності як викладача, так і студента в один і той самий час. Інший підхід — тести, де студент вибирає правильну відповідь з кількох варіантів. Такий формат дозволяє не вимагати одночасної присутності обох учасників. Проте, наявність варіантів відповіді дає учню можливість здогадуватись, що знижує точність оцінки знань. Іноді відповіді складаються з формул або спеціальних символів, які сучасні веб-платформи не мають можливості коректно обробляти і перевіряти такі відповіді.

Отже, існує потреба у створенні онлайн-платформ, спеціально розроблених для дистанційного навчання в конкретних галузях. Ці платформи повинні мати можливість гнучкої настройки функціоналу, який враховує специфіку та особливості викладання різних дисциплін.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ПОБУДОВІ ІНТЕРАКТИВНИХ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ У БАГАТОПРОЄКТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Прус О.В., oleh.prus.vntu@gmail.com

Майданюк В.П., maidaniuk2000@gmail.com

Вінницький національний технічний університет

Інтелектуальні інформаційні системи (ІС) є ключовими в сучасній розробці веб-інтерфейсів, особливо в багатопроектному середовищі. Вони автоматизують рутинні процеси, підвищують ефективність розробки та якість програмного продукту.

Команди стикаються з викликами, такими як складність кодової бази, конфлікти при злитті, відстеження залежностей, оптимізація виконання рутинних завдань, нестабільність якості коду через різні підходи розробників, труднощі з повторним використанням коду через відсутність стандартизації [1].

ІС оптимізують контроль версій через автоматизований аналіз і вирішення конфліктів, інтелектуальне відстеження змін та інтеграцію з процесами CI/CD. Машинне навчання прогнозує конфлікти, аналізуючи патерни змін і попереджаючи про потенційні проблеми. Інструменти, як-от Sourcegraph та GitHub's CodeQL, покращують навігацію по коду та аналіз безпеки. Єдині стандарти кодування дозволяють ІС автоматично перевіряти код на відповідність нормам, зменшуючи кількість помилок [2].

Використання шаблонів коду дозволяє швидко генерувати стандартні UI-компоненти, забезпечуючи єдність стилю та функціональності. Автоматизовані інструменти гарантують відповідність компонентів стандартам, спрощуючи перевірку коду та знижуючи ймовірність помилок. Стандартизовані компоненти легше оновлювати та інтегрувати в різні проекти, що важливо для ефективності в багатопроектному середовищі. Інструменти для генерації коду включають CLI (Angular CLI, Create React

App, Vue CLI), системи шаблонізації (Handlebars.js, EJS, Jinja2) та генератори (Yeoman, Plop.js). Генерація коду сприяє створенню бібліотек компонентів, полегшує використання мікрофронтендів та автоматично створює документацію, спрощуючи підтримку проекту [3].

Сучасні інструменти з підтримкою штучного інтелекту, такі як Test.ai, Applitools та Mabl, автоматизують тестування мобільних та веб-додатків, забезпечуючи візуальне тестування та адаптацію до змін. Інтеграція з DevOps-процесами здійснюється через інструменти на кшталт Selenium та Appium з AI-розширеннями, а також Jenkins з плагінами штучного інтелекту, що автоматизують процеси CI/CD та управління тестуванням [4].

Отже, впровадження ІС у процеси розробки є ключовим для підвищення ефективності та якості ПЗ в багатопроєктному середовищі. Використання таких систем в оптимізації контролю версій, генерації коду та автоматизації тестування дозволяє командам швидко створювати стандартизовані компоненти з високою якістю коду. Це сприяє швидкому виявленню та виправленню помилок, автоматизації складних процесів та ефективному використанню ресурсів.

Список літератури

1. Russell, S., & Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.), 2020, 748-854, 936-974.
2. Y. Wan, Z. Bi, Y. He, J. Zhang, H. Zhang, Y. Sui, G. Xu, H. Jin, and P. Yu. *Deep Learning for Code Intelligence: Survey, Benchmark and Toolkit*. ACM Comput. 2024 [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3664597>.
3. Just, R., Jalali, D., & Ernst, M. D. (2014). "Defects4J: A Database of Existing Faults to Enable Controlled Testing Studies for Java Programs." *Proceedings of the 2014 International Symposium on Software Testing and Analysis*, 437-440.
4. Nascimento, Nathalia & Alencar, Paulo & Cowan, Donald. (2023). *Artificial Intelligence versus Software Engineers: An Evidence-Based Assessment Focusing on Non-Functional Requirements*. 10.21203/rs.3.rs-3126005/v1.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ МЕДІА КОНТЕНТУ

Прус Б.В., bohdan.prus.vntu@gmail.com

Ракитянська Г.Б., rakit@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто та проведено аналіз можливостей використання інтелектуальних інформаційних систем (ІС) для агрегації медіа контенту. Впровадження таких ІС, заснованих на технологіях штучного інтелекту та машинного навчання, може значно покращити процеси агрегації медіа контенту, що дозволить підвищити більш точний аналіз даних.

Інтелектуальні системи, такі як нейронні мережі, машинне навчання та обробка природної мови, можуть автоматизувати різні аспекти обробки контенту. Зокрема, ці системи дозволяють автоматично класифікувати, фільтрувати та аналізувати великі обсяги даних, використовуючи розпізнавання образів і аналіз тексту. Такі можливості ІС можуть значно підвищити продуктивність і знизити навантаження на ресурси.

ІС можуть бути інтегровані в систему для автоматичного виявлення ключових елементів контенту, таких як зображення, відео або текст. Наприклад, нейронні мережі можуть розпізнавати об'єкти в зображеннях, тоді як алгоритми машинного навчання можуть аналізувати текстову інформацію для точнішої категоризації. Це дозволяє автоматизувати багато процесів, які раніше виконувалися вручну. У роботі [1] запропоновано підхід з використанням інтелектуальних інформаційних систем на основі машинного навчання, які допомагають виявляти небажаний контент в соціальних медіа для його модерації.

ІС на основі машинного навчання можуть автоматично класифікувати зображення. Це дозволяє розділяти медіа контент за категоріями, фільтрувати його та знаходити відповідності між об'єктами. Для прикладу у роботі [2] використовуються алгоритми та квантові

нейронні мережі на основі TensorFlow, які можуть бути треновані для виявлення певних категорій зображення, наприклад фотографії природи, домашніх улюбленців тощо.

Системи для семантичного аналізу даних можуть аналізувати медіа контент на основі його семантичної суті, що дозволяє створювати складні зв'язки між різними типами контенту. Така система може автоматично встановлювати зв'язки між контентом, що дозволить користувачам швидко знаходити пов'язаний медіа матеріал.

Хмарні платформи, як AWS (Amazon Web Services), Google Cloud або Microsoft Azure, пропонують вбудовані інтелектуальні сервіси, які можуть бути використані для автоматизації різних задач. Наприклад, Google Cloud Vision API може використовуватися для аналізу та категоризації зображень у мобільному застосунку за допомогою API [3].

Таким чином використання ІС є корисним для виконання аналізу, класифікації та агрегації медіа контенту. Для систем з обмеженими обчислювальними ресурсами, таких як мобільні пристрої, підходять хмарні платформи, що пропонують достатню функціональність для виконання поставлених завдань.

Список літератури

[1] Mohsan A., Hassan M., Kifayat K., Kim J.Y, Hakak S., Khan M.K. Social media content classification and community detection using deep learning and graph analytics, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122252>

[2] Arun Pandian, J., Kanchanadevi, K. Quantum Neural Network for Image Classification Using TensorFlow Quantum, 2023. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9530-9_10

[3] Chen, SH., Chen, YH. A Content-Based Image Retrieval Method Based on the Google Cloud Vision API and WordNet, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54472-4_61

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ
ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧІВ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ
ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ**

Прусан І.К., Хижа О.Л., Сірик С.Ф., Зайцева Т.А.

prusanigor@gmail.com, siryk600@gmail.com, ztan2004@ukr.net

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

В сучасних умовах швидкого розвитку інтелектуальних веб-додатків потреба в ефективних методах аналізу поведінки користувачів набуває великого значення. Розуміння послідовності дій користувачів та передбачення їх наступних кроків сприяє покращенню взаємодії із системою, підвищенню конверсії, а також забезпечує корисну інформацію для оптимізації структури та функціоналу сайту.

В даній роботі розглядається застосування регресійного аналізу для дослідження процесу взаємодії користувачів з веб-ресурсом, що дає змогу створити систему підтримки прийняття рішень, орієнтовану на підвищення ефективності поведінкової аналітики. Основною метою дослідження є створення інтелектуальної системи підтримки рішень, здатної виявляти й аналізувати поведінкові патерни користувачів для передбачення їхніх дій з високою точністю. Під час збору даних реєструвалися всі дії користувачів на веб-додатку, такі як тривалість сесій, переходи між сторінками, кліки на ключові елементи інтерфейсу тощо. Зібрані дані склали наступні групи: залежні змінні, що відображають поведінкові результати, та незалежні змінні, зокрема попередні дії користувача, тип пристрою, з якого відбувається доступ, і час доби. Для прогнозування наступних дій користувачів розроблено лінійну регресійну модель, яка дає змогу оцінити ймовірність виконання користувачем певної дії. Модель забезпечила корисні рекомендації для розробників щодо оптимізації інтерфейсу, таких як покращення навігації та персоналізація контенту. і нічних сесій, забезпечуючи точніші передбачення для кожного періоду активності.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНОЇ ЕПІДЕМІЇ З ІНКУБАЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ

Радевич Д.О. Білозьоров В.Є.,

demian11rad@gmail.com, belozvye2017@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

З початком пандемії COVID-19 людство зіштовхнулося з новими викликами, які охопили всі аспекти суспільного життя. Поширення вірусних інфекцій стало серйозною загрозою для здоров'я, економіки та соціальних систем у всьому світі. Мільйони людей помирають щороку внаслідок інфекційних хвороб, а ще більше страждають від наслідків тривалої хвороби. У цих умовах важливим інструментом для дослідження та контролю епідемії є математичне моделювання, яке допомагає передбачити динаміку поширення захворювання і запропонувати ефективні стратегії боротьби.

Моделювання поширення вірусних інфекцій базується на різних математичних підходах, одним із найпоширеніших з яких є SEIR-модель. Ця модель поділяє населення на чотири категорії: **S (Susceptible)** — схильні до інфікування, **E (Exposed)** — особи в інкубаційному періоді, **I (Infectious)** — інфіковані та заразні, і **R (Recovered)** — ті, що видужали або померли. Модель дозволяє оцінити, як швидко поширюється інфекція, скільки людей будуть інфіковані, та як захворювання впливатиме на систему охорони здоров'я.

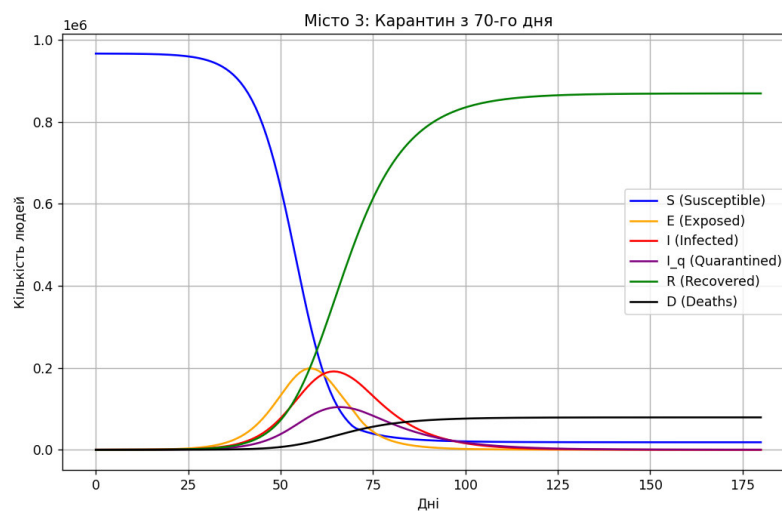
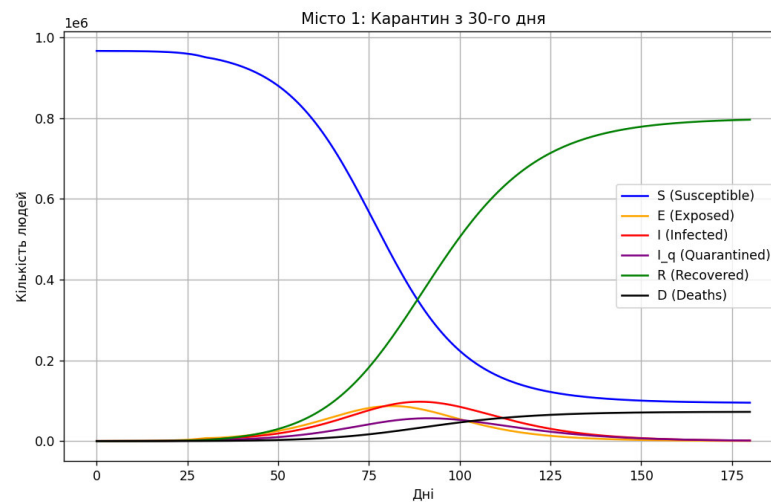
Метою даного дослідження є аналіз динаміки епідемії у різних сценаріях з різними рівнями заразності, смертності та сценаріями введення карантинних заходів у різних містах. Для моделювання використовували Python та бібліотеки для чисельного вирішення диференціальних рівнянь, що описують розвиток епідемії.

Отримані результати показують, що своєчасне введення карантину є ключовим фактором у боротьбі з поширенням вірусних інфекцій. У містах,

де карантинні заходи були запроваджені раніше, кількість інфікованих і летальних випадків значно зменшилася. Це вказує на важливість оперативного реагування з боку влади та медичних служб під час епідемії.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що раннє впровадження карантинних заходів може суттєво зменшити навантаження на медичні установи та зберегти життя багатьох людей. Це підкреслює необхідність готовності суспільства до швидких рішень у випадку нових епідемій, що можуть виникнути в майбутньому.

Наглядне підтвердження останньої тези продемонстроване на графіках:



МЕРЕЖЕВІ СТРУКТУРИ В КОМП'ЮТЕРНИХ НАУКАХ ТА ЕКОНОМІЦІ

Рибачок Д.О., dorybachok@gmail.com

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

Мережеві структури стали фундаментальними в дослідженнях як комп'ютерних наук, так і економіки. Розвиток Інтернету та Всесвітньої павутини змінив спосіб взаємодії людей та компаній, створивши нові ринки та моделі поведінки. Ці мережі функціонують завдяки взаємодії багатьох агентів, що призводить до складних соціальних та економічних явищ. Ця стаття зосереджується на ролі мережевих структур у комп'ютерних науках та економіці, досліджуючи їх вплив на формування ринків, поширення інформації та поведінку агентів.

У комп'ютерних науках мережеві структури моделюються за допомогою теорії графів. Графи використовуються для представлення різних систем, від електронних схем до соціальних мереж. Теорія графів надає інструменти для аналізу структур та алгоритмів, що працюють на мережах [1].

Розвиток Інтернету відкрив нові можливості для досліджень мережевих структур. Протоколи передачі даних, маршрутизація та управління трафіком є ключовими областями, де мережеві структури відіграють важливу роль [2]. В економіці мережі використовуються для моделювання взаємодії між агентами, такими як споживачі та виробники. Мережеві моделі допомагають аналізувати, як структура взаємодій впливає на ринкові результати та поширення інновацій [3]. Мережеві ефекти виникають, коли цінність продукту або послуги залежить від кількості користувачів. Це має важливі наслідки для ринків з платформами, де мережеві ефекти можуть призводити до домінування окремих гравців [4].

Дослідження того, як мережі формуються в результаті стратегічної взаємодії агентів, є ключовим для розуміння економічних процесів. Власні інтереси агентів впливають на структуру мережі, що може визначати ефективність її функціонування [5].

Мережеві структури визначають, як інформація та інновації поширюються серед агентів. Моделі дифузії в мережах дозволяють прогнозувати, як нові продукти будуть прийняті на ринку [6].

Мережеві структури є фундаментальними для розуміння складних систем у комп'ютерних науках та економіці. Вони дозволяють моделювати взаємодії між агентами та аналізувати їх вплив на ринки та суспільство. Подальші дослідження в цій галузі сприятимуть розвитку ефективних мережевих систем та економічних моделей.

Список використаних джерел

1. Bollobás, B. (1998). *Modern Graph Theory*. Springer.
2. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks*. Pearson.
3. Jackson, M. O. (2008). *Social and Economic Networks*. Princeton University Press.
4. Katz, M. L., & Shapiro, C. (1985). Network Externalities, Competition, and Compatibility. *The American Economic Review*, 75(3), 424-440.
5. Jackson, M. O., & Wolinsky, A. (1996). A Strategic Model of Social and Economic Networks. *Journal of Economic Theory*, 71(1), 44-74.
6. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ З ВИБІРКОВИХ ДИСЦИПЛІН

Ріпка Є. В., ripka_e@365.dnu.edu.ua, Верба О.В., verba@365.dnu.edu.ua,

Сафронова І. А., safronova_i@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

На сьогодні існує широкий спектр програм, які можуть виконувати оптимізацію складання навчальних планів [3]. Популярності набуває методологія складання розкладу за рахунок складання інтегрально матрично-еволюційного методу оптимізації цільової функції задачі складання розкладу, яка спрямована на пошук розкладів, ефективність яких можна порівняти та обрати найкращий [1, 4].

У роботі проведено дослідження процесу автоматизації формування та редагування розкладу занять у закладах вищої освіти для дисциплін вибіркового каталогу і його подальша оптимізація. Проаналізовані існуючі ПЗ орієнтовані на оптимізацію формування розкладів (табл. 1), проведено огляд відомостей що до теорії розкладів, процесу автоматизації розкладу та поняття вибіркового дисциплін [2]; розглянуто проблематику та процес формування розкладу у ДНУ.

Таблиця 1. – Порівняльна характеристика представлених на ринку програм

	UniTime	Asimut	EMS	TermTime	EduCloud	Appointments
Тип	Відкритий код	Комерційне	Комерційне	Комерційне	Комерційне	Комерційне
Ціна	Безкоштовне	Платні ліцензії	Платні ліцензії	Платні ліцензії	Платні ліцензії	Платні ліцензії
Гнучкість налаштування	+	-	-	-	-	-
Підтримка моб. пристроїв	-	+	+	-	+	+
Автоматизація планування	+	+	+	+	+	+
Простота використання	-	+	-	+	+	+
Можливість зчитування даних з табл. (Excel) файлу	-	-	-	-	-	-
Залежність від Інтернет	-	-	-	-	+	-

Побудовані математичні моделі модуля пошуку помилок; автоматизованого розподілу потоків та функції сортування.

Математична модель автоматизованого розподілу потоків має вигляд:
 $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ - множина груп; $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ - множина студентів;
 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ - множина дисциплін. Співвідношення для формування підгруп: $SG_{di} = \{s_{g1}d_i, s_{g2}d_i, \dots, s_{gj}d_i\}$; $s_{gj}d_i = \{s \in S \mid f(d_i) = g_j\}$, де f - функція відображення дисципліни d_i на групу студентів g_j .

Математична модель сортування таблиці для трьох обраних фільтрів:

$$T_4 = \text{Sort}(T, C_d) \wedge T_2 = \text{Sort}(T, C_w) \wedge T_3 = \text{Sort}(T, C_g);$$

$$T_2 = \text{Sort}(T, C_w);$$

$$T_3 = \text{Sort}(T, C_g)$$

де T - таблиця студентів і дисциплін, яка включає велику кількість рядків $\{r_1, \dots, r_n\}$; r_i i -й рядок таблиці T , де $r_i = \{c_{i1}, \dots, c_{im}\}$, та c_{ij} - j -й стовбець i -го рядка; C_d - стовбець з кодом дисципліни; C_w - стовбець з днем тижня; C_g - стовбець з номером підгрупи.

На мові C# та використанням інструменту WinForms створено програмний застосунок (на платформі .NET), який включає програмні модулі, що реалізують зчитування даних з табличних файлів, алгоритми автоматичного розподілу потоків студентів, пошуку помилок у розкладі та модуль фільтрації. Проведене його тестування, яке продемонструвало працездатність розробленого застосунку.

Отримані результати можуть бути впроваджені у роботу навчального відділу при формуванні та редагуванні розкладу занять з вибіркових дисциплін.

Список використаних джерел:

1. Біленький А.С. Застосування моделей та методів теорії розкладів у задачах оптимального планування на вантажному транспорті // Автоматика та телемеханіка, 2014. - № 1. - С. 3-77.
2. Дольнікова Ю.С., Верба О.В., Книш Л.І. Розробка алгоритму пошуку вірогідних варіантів розташування вибіркових дисциплін в структурі розкладу : Тези доповідей XXI МНПК (Дніпро, 22-24 листопада 2023 р.) / Під загальною редакцією О.М. Кісельової. - Дніпро: ДНУ, 2023. - С. 117.
3. Літовенко М. Розробка сервісу автоматизації розкладу: маг. квал. робота: 122. - Одеса, 2018. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1368/1/Litovenko_Rozrob_server_M_2018.pdf. (дата звернення: 04.04.2024).
4. Снитюк В. Моделі та еволюційний метод складання розкладу занять у вищому навчальному закладі : дис. ... канд. техн. наук : 126. – Київ, 2016. – 152 с.

БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Рябоволенко В.А., v.a.ryabovolenko@gmail.com,

Байбуз О.Г., baibuz_o@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Хмарні технології знаходять широке застосування у різних галузях, таких як медицина, освіта, державне управління, наука, а також у сфері економіки і бізнесу, що підтверджує їхню універсальність і значущість для сучасного суспільства.

Використання хмар дозволяє користувачам отримати віддалений доступ до ресурсів і сервісів через Інтернет, забезпечуючи гнучкість і динамічність у виконанні завдань, що значно підвищує ефективність роботи та оптимізує використання ресурсів [1].

Для забезпечення ефективної роботи хмари існує декілька методів балансування навантаження:

1. Метод кластеризації

Кластеризація в хмарному середовищі використовується для організації серверів та обчислювальних ресурсів з метою забезпечення надійності, масштабованості та високої продуктивності хмарної інфраструктури. Цей підхід дозволяє управляти кількома серверами, віртуальними машинами або контейнерами як єдиною логічною системою.

Основні принципи кластеризації включають балансування навантаження між вузлами, автоматичне масштабування на основі потреб, а також забезпечення високої доступності шляхом автоматичного перемикавання на резервні вузли у разі збоїв [2].

2. Метод балансування навантаження через один пристрій

Балансування навантаження через один пристрій передбачає, що всі запити користувача до хмарної інфраструктури проходять через визначений пристрій, який виконує функцію балансувальника. Цей

пристрій розподіляє навантаження між серверами за попередньо встановленими правилами або динамічно реагуючи на час обробки запитів, оптимізує параметри сесій для забезпечення рівномірного розподілу ресурсів [3].

3. Метод балансування навантаження з використанням проксі-сервера.

Даний метод балансування полягає у використанні проміжного сервера, який виступає посередником між користувачем і основним веб-сервером. Запити користувачів надходять на веб-сервер через проксі-сервер, який може змінювати заголовки запитів на рівні вище транспортного, забезпечуючи оптимальний розподіл навантаження.

Проксі-сервер дозволяє збільшити продуктивність системи, оскільки він виконує частину обробки запитів, фільтрує або кешує їх, зменшуючи навантаження на основний сервер [4].

Балансування навантаження в хмарному середовищі є механізмом для забезпечення ефективного розподілу обчислювальних ресурсів, підвищення продуктивності та забезпечення стабільної роботи хмарних сервісів.

Список використаної літератури

1. Kumar M. Dynamic load balancing algorithm for balancing the workload among virtual machine in cloud computing / M. Kumar, S.C. Sharmab — 2017.
2. Applications Integration in a Semi-Virtualized Environment, 2023. URL: <http://surl.li/oyqvuc>
3. Dynamic Load Balancing in Cloud Computing: A Review and a Novel Approach, 2024. URL: <http://surl.li/uwubkq>.
4. Building a Robust Data Foundation for Generative AI in the Cloud with Serverless Architecture, 2024. URL: <http://surl.li/kgjlcg>.

НОВІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Семенов В.В., semenov.volodya@gmail.com

Коваленко О.Ю., alexandra.kovalenko@gmail.com

Чергикало Д.О., denischergicalo@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У повідомленні розглянуто варіаційні нерівності в гільбертовому просторі та два методи їх наближеного розв'язання – алгоритм екстраполяції з минулого та алгоритм операторної екстраполяції. Ітерації даних алгоритмів дешевші за ітерацію відомого екстраградієнтного алгоритму за кількістю обчислень значень оператора: одне проти двох. Доведено теореми збіжності та неасимптотичні оцінки лінійної швидкості збіжності алгоритмів. Отримані результати є новими та уточнюють відомі.

Також побудовано новий децентралізований алгоритм для задачі пошуку сідлової точки суми опукло-угнутих функцій. На кожній ітерації алгоритму, вузли обчислювальної мережі отримують значення від своїх сусідів, обчислюють усереднення свого поточного значення з отриманими від сусідів, а потім за допомогою певної локальної процедури, що базується на методі операторної екстраполяції, оновлює своє значення, використовуючи обчислене усереднення та доступні елементи задачі. Для підвищення гнучкості архітектури розподіленої обчислювальної мережі запропоновано для різних змінних в сідловій задачі використовувати різні протоколи обміну-усереднення. Можливо це дозволить підвищити ефективність методу для окремих класів задач ігрового типу.

Робота виконана за підтримки НАН України (проект «Нові субградієнтні та екстраградієнтні методи для негладких задач регресії», 0124U002162).

**БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: КЛАСИФІКАЦІЯ,
ВПЛИВ НА РІЗНІ ГАЛУЗІ ТА МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Сизоненко Р. М., syzonenko.r@gmail.com

Мацуга О. М., olga.matsuga@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Безпілотні літальні апарати (БпЛА), або дрони, – це повітряні пристрої, які виконують завдання без прямого керування людиною на борту. БпЛА поділяються за ступенем автономності на радіокеровані, автономні та радіо-операційні. За типом конструкції крила вони класифікуються на роторні, з фіксованим крилом та гібридні.

Останнім часом застосування БпЛА у військовій та цивільній сферах набуло вражаючих масштабів, які свідчать про здатні цих систем змінити парадигму філософії самих галузей використання. Застосування БпЛА забезпечує оперативне отримання результатів, істотне скорочення витрат часу, грошей і ресурсів, зниження ризиків і підвищення безпеки, а також сприяє покращенню ефективності робіт і комунікації між різними службами.

Безпілотні апарати масово застосовуються у військовій сфері для ведення геопросторової розвідки, виконання оборонних та безпекових операцій [1]. Окрім військової сфери, вони активно застосовуються у прикордонній службі, органах Національної поліції, митних органах та системах цивільного захисту [2]. У будівельній галузі використання БпЛА забезпечує широкий спектр переваг – від підвищення безпеки на майданчиках до здійснення дистанційного моніторингу та створення відеороликів для маркетингових цілей. У боротьбі з пожежами в лісових масивах дрони допомагають оперативно знаходити осередки займання та відстежувати динаміку розвитку пожеж у режимі реального часу [3]. Також варто відзначити використання дронів для моніторингу стану ліній

електрохарчування [4]. Крім того, дрони все більше інтегруються в повсякденне життя – наприклад, компанія Amazon використовує їх для кур'єрських послуг [5].

Сучасні технологічні розробки спрямовані на оснащення БпЛА штучним інтелектом (ШІ) з метою підвищити їх автономність і ефективність у виконанні складних завдань. ШІ допомагає дронам розпізнавати об'єкти, виявляти аномалії, прокладати оптимальні маршрути та автоматично адаптуватися до зовнішніх умов і перешкод. Однак існуючі моделі ШІ потребують значних обчислювальних ресурсів, які не завжди доступні на борту БпЛА через обмеження енергоспоживання та ваги. Це створює серйозні виклики для практичного використання ШІ на компактних платформах, таких як БпЛА.

Таким чином, БпЛА поступово стають незамінним інструментом у різних галузях, відкриваючи нові горизонти для технологічних інновацій.

Список використаної літератури

1. Радіо Свобода. Дрони зі штучним інтелектом: як вони змінюють хід війни. 2024. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/drony-zi-shtuchnym-intelektom-zminyuyut-khid-viyny/33084445.html>
2. Zhao B., Zhou Y., Song R. et al. Modular YOLOv8 optimization for real-time UAV maritime rescue object detection. *Sci Rep.* 2024. Vol. 14, 24492. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75807-1>
3. Wang Z., Zhang H., Hou M., Shu X., Wu J., Zhang X. A Study on Forest Flame Recognition of UAV Based on YOLO-V3 Improved Algorithm. *Communications in Computer and Information Science* 2021. Vol. 1468. P. 497-503. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-7210-1_47
4. Bao W., Du X., Wang N., Yuan M., Yang X. A Defect Detection Method Based on BC-YOLO for Transmission Line Components in UAV Remote Sensing Images. *Remote Sens.* 2022. Vol. 14(20), 5176. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14205176>
5. BBC. Amazon makes first drone delivery. 2016. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-38320067>

ПРО ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРВЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сімакін С.К., simakin_s@365.dnu.edu.ua

Божуха Л.М., bozhukha_1@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Прогнозування навантаження на сервери має важливе значення для забезпечення ефективності веб-сервісів. Застосування штучного інтелекту (ШІ) допомагає оптимізувати використання ресурсів та уникнути збоїв, що особливо актуально для хмарних інфраструктур.

Метою роботи є розроблення теоретичної моделі для прогнозування навантаження на основі штучного інтелекту та її інтеграція з Kubernetes для автоматичного масштабування ресурсів.

При розробленні теоретичної моделі при моделюванні запропоновано використати LSTM-мережі та регресійні моделі для аналізу даних про навантаження. Для вирішення задачі інтеграції - використання інструментів Kubernetes такі, як Horizontal Pod Autoscaler (HPA) та Vertical Pod Autoscaler (VPA).

Використання ШІ дозволить точно передбачати навантаження та масштабувати ресурси в режимі реального часу. Інтеграція з Kubernetes підвищить надійність та продуктивність веб-сервісів, зменшуючи витрати на інфраструктуру. Використання LSTM-мереж є особливо ефективним для середовищ зі змінним та непередбачуваним трафіком.

Застосування розробленої технології може надати можливості маркетинговим кампаніям адаптувати ресурси для оброблення пікового трафіку після розсилки або реклами. Для стрімінгових сервісів ця технологія може надати можливість прогнозувати сезонні або спонтанні зростання попиту (наприклад, під час свят або прем'єр серіалів) та своєчасне масштабування ресурсів для уникнення затримок у потоковому відтворенні. Для аномальних подій (наприклад, під час DDoS-атак)

технологія може надати інформацію щодо необхідності швидкого масштабування або збільшення навантаження через несподівані події.

Інтеграція прогнозуючих моделей із системами автоматичного масштабування в Kubernetes підвищує ефективність веб-сервісів. Подальші дослідження можуть включати використання інших алгоритмів ШІ та комбінованих підходів до масштабування для ще більшої оптимізації.

Бібліографічні посилання

1. Kubernetes Documentation: Official documentation on Kubernetes autoscaling. [Електронний ресурс]. <https://kubernetes.io/docs>
2. AWS Documentation: "Amazon EKS User Guide". [Електронний ресурс]. <https://docs.aws.amazon.com>
3. Elasticsearch Documentation: Official Elasticsearch documentation. [Електронний ресурс]. <https://www.elastic.co/guide>

АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕДАГУВАННЯ ВІДЕОІГОР

Складанюк О.О., Майданюк В.П.

skladanyuk1999@gmail.com, maidaniuk2000@gmail.com

Вінницький національний технічний університет

Інтелектуальна інформаційна система (ІС) є особливим типом автоматизованих інформаційних систем, яка також може бути названа системою, що базується на знаннях. Вона об'єднує програмні, лінгвістичні та логіко-математичні інструменти, націлені на підтримку взаємодії користувача і пошук інформації шляхом розширеного діалогу природною мовою [1]. Зокрема, застосування штучного інтелекту (ШІ) при розробці ігор дозволяє суттєво скоротити час на їх створення і забезпечити більш реалістичну передачу сцен. У цьому контексті актуальним є використання глибоких нейронних мереж та моделей машинного навчання для редагування ігрових елементів. Генеративний ШІ — одна з найактуальніших сучасних технологій, і його застосування швидко поширюється у різних сферах, включаючи розробку відеоігор. Водночас використання генеративного ШІ у цій галузі супроводжується певними викликами, які потенційно можуть вплинути на індустрію в цілому. Коли мова йде про ШІ в іграх, часто мається на увазі саме генеративний ШІ, який за допомогою запитів користувача створює контент (текст, зображення, відео тощо), як-от ChatGPT, Midjourney, Dall-E2 [2]. Одним із ефективних підходів для створення графіки високої якості є генеративні нейронні мережі, зокрема GAN, які дозволяють отримувати текстури та об'єкти з високою деталізацією. GAN (Generative Adversarial Network) — це генеративно-змагальна нейронна мережа, яка належить до алгоритмів класичного машинного навчання без учителя. Її суть полягає в комбінації двох нейромереж, де “генератор” створює зображення, а “дискримінатор” намагається їх розпізнати. Наприклад, генератор генерує зображення,

схожі на обличчя, а дискримінатор перевіряє їхню реалістичність, поступово покращуючи результати [3]. Ще однією важливою функцією є автоматичне виявлення та редагування анімаційних сцен, яке здійснюється за допомогою алгоритмів глибокого навчання. Програма DeepMotion, наприклад, автоматично аналізує рухи персонажів, визначає точки контакту і вносить корективи для плавності рухів. DeepMotion є інструментом для захоплення руху та відстеження тіла на основі ШІ, що дозволяє створювати 3D-анімації з відео через будь-який веб-браузер [4]. Таким чином, розвиток інтелектуальних інформаційних систем суттєво спрощує процес редагування та оптимізації графічного контенту в іграх, забезпечуючи якісну візуалізацію та підвищуючи продуктивність ігрових сцен. Автоматизація на основі ШІ, зокрема використання генеративних мереж для рендерингу і AI-інструментів для текстур, відіграє ключову роль у прискоренні розробки і створенні реалістичного ігрового процесу з високою якістю графіки та реалістичністю фізичних характеристик, анімацій і текстур.

Список використаних джерел

1. Інтелектуальна інформаційна система URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтелектуальна_інформаційна_система
2. Генеративний штучний інтелект URL: <https://mezha.media/articles/yak-shi-vykorystovuiut-u-rozrobtsi-videoihor/>.
3. Generative adversarial network, GAN. URL:
<https://evergreens.com.ua/ua/articles/gan.html>
4. DeepMotion URL: <https://webcatalog.io/uk/apps/deepmotion/>

**ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРАКТИКУВАННЯ
РОЗМОВНИХ ЗДІБНОСТЕЙ З АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ІЗ
ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ**

Смук І.Р., iryna.smuk.mitup.2023@lpnu.ua,

Басюк Т.М., taras.m.basyuk@lpnu.ua,

НУ «Львівська політехніка»

У контексті глобалізації вивчення англійської мови набуває першочергового значення. Зважаючи на те, що розвиток інформаційних технологій відкриває нові можливості для покращення й урізноманітнення навчання, з'являється щораз то більше платформ, які активно застосовують різні сучасні розробки.

Штучний інтелект (ШІ, англ. AI) є однією з тих технологій, які наймовірніше швидко розвиваються та спроможні вплинути на процес навчання, особливо у сфері вивчення іноземних мов [1]. Серед інших інноваційних інструментів вдосконалення різних сфер діяльності є доповнена реальність (англ. AR). Позитивний вплив помітний в рівні засвоєння матеріалу внаслідок різноманітності та інтерактивності візуального представлення [2].

Основна мета дослідження полягає в розробці інформаційної системи для практики розмовних здібностей з англійської мови з використанням технологій штучного інтелекту та доповненої реальності. Актуальність розробки системи підкреслюється тим, що інтерактивні методи сприяють активному включенню в навчальний процес та підвищують мотивацію до навчання.

Першим етапом є проектування системи із застосуванням об'єктно-орієнтованого підходу. Для опису основної функціональності інформаційної системи побудована діаграма варіантів використання (рис. 1).

Було виділено такі два актори: користувач та AR-співрозмовник з використанням AI. Користувач входить у систему, створює обліковий запис і запитує нову розмову, обираючи тему та рівень володіння мовою. AR-співрозмовник з використанням AI створює AR-середовище та генерує питання за допомогою штучного інтелекту. Тоді користувач має надати голосову відповідь, яку система проаналізує та оцінить. Після завершення розмови AR-співрозмовник з використанням AI надає рекомендації для покращення навичок, а також може запропонувати список слів для вивчення. Історія розмови зберігається під час виходу користувача із системи.

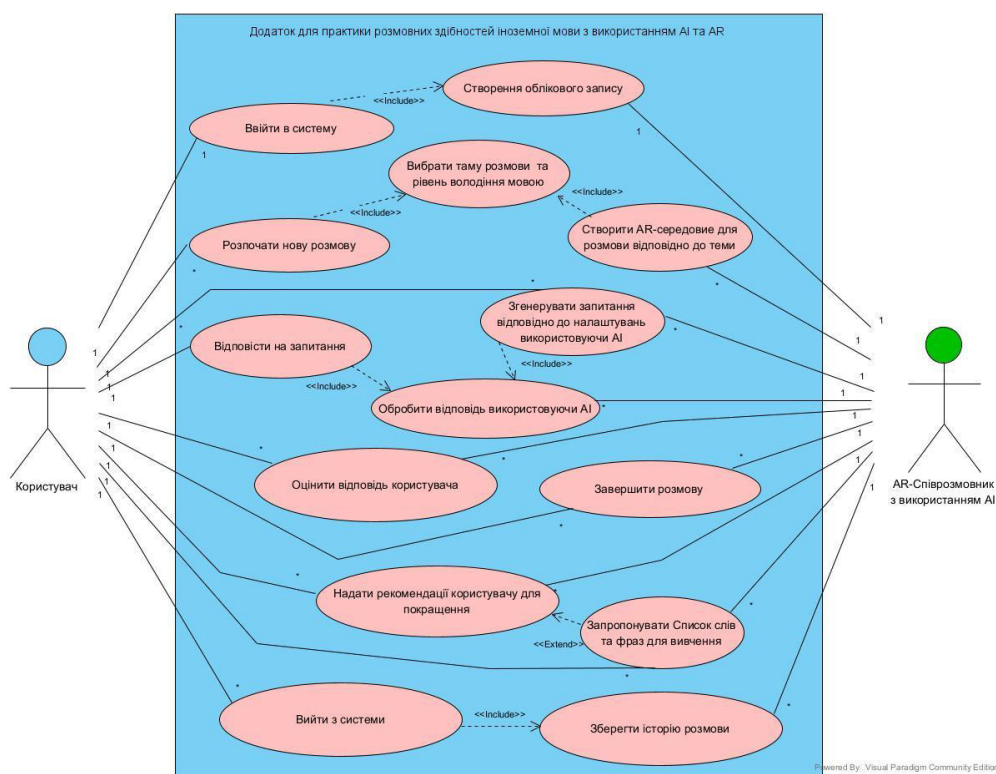


Рис.1. Діаграма варіантів використання інформаційної системи

Таким чином, інформаційна система повинна забезпечити можливість інтерактивної практики спілкування англійською мовою для кожного користувача.

1. Барна О. В., Бабій Д. В. Переваги штучного інтелекту в освіті. Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук в контексті вимог нової української школи : 3б. тез доп. V Міжнар. науково-практ. конф., м. Тернопіль, 18–19 трав. 2023 р. 2023. С. 23–25.

2. Гончарова Н. О. Візуалізація навчальної інформації через використання технології доповненої реальності. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі. 2019. С. 226–228.

ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Соломатін В.А., mcsol2018@gmail.com, Байбуз О.Г.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Мета дослідження - використання архітектури трансформера для автоматизації діагностики ішемічної хвороби серця (ІХС) на основі аналізу рентгенографічних зображень грудної клітки.

Актуальність - ІХС залишається однією з провідних причин смертності у світі, тому точна та швидка діагностика є критично важливою. Традиційні методи мають обмеження, через що застосування методів комп'ютерного зору стає все більш актуальним.

Методи - у дослідженні використано трансформери, зокрема Vision Transformer (ViT), для класифікації рентгенівських знімків на дві категорії: "ішемія" та "здоровий". Модель тренувалася на спеціально підготовленому датасеті з використанням бібліотек Tensorflow і Transformers.

Попередня обробка даних - здійснювалася аугментація, нормалізація та стандартизація зображень, щоб покращити ефективність навчання.

Основні результати - модель показала високу точність у розпізнаванні ІХС, перевершуючи традиційні методи. Аналіз результатів тренування демонструє зближення тренувальних і валідаційних втрат, що свідчить про ефективність моделі.

Висновки - трансформери мають великий потенціал у медичній діагностиці, зокрема в автоматизації процесу виявлення ІХС. Однак для подальшого підвищення точності моделі та її узагальнення на інші медичні зображення потрібні додаткові дослідження.

Перспективи - майбутні дослідження можуть зосередитися на оптимізації архітектури трансформера та розширенні датасету для поліпшення можливостей моделі у клінічних умовах.

**ОПТИМІЗАЦІЙНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА КОРЕГУВАННЯ
ПАЦІЄНТОЦЕНТРИЧНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМ**

Стецюк П.І., Семикопна Т.В., Стецюк М.Г.

stetsyukp@gmail.com*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України*

У роботах [1, 2] побудовано два сімейства задач математичного програмування для знаходження оптимальних за вартістю та зваженістю реабілітаційних програм пацієнта. Це задачі **оптимального вибору кількості втручань** для мультидисциплінарної команди фахівців та задачі **оптимального вибору фахівців** для реабілітаційної програми. Перше сімейство задач пов'язано з визначенням оптимальної за лінійним та квадратичним критеріями кількості втручань для заданого набору фахівців, які реалізують реабілітаційну програму пацієнта.

Нижче розглянемо дві задачі першого сімейства – задачу цілочислового лінійного програмування для визначення реабілітаційної програми мінімальної вартості та задачу цілочислового квадратичного програмування для визначення реабілітаційної програми мінімальної зваженості. Побудуємо задачу цілочислового нелінійного програмування для корегування цільових (кінцевих) параметрів реабілітаційної програми, які спільно узгоджуються пацієнтом та лікарем фізичної та реабілітаційної медицини (лікар ФРМ).

Обчислювальні експерименти щодо розв'язання оптимізаційних задач проводились за допомогою NEOS (Network-Enabled Optimization System) сервера [3], який дозволяє користувачу вирішувати оптимізаційні задачі в онлайн режимі. Для опису задач математичного програмування була використана мова моделювання AMPL [4]. Задачі цілочислового нелінійного програмування розв'язувалися за допомогою солвера BARON версії 23.3.11 [5, 6], а задачі цілочислового лінійного та квадратичного програмування – за допомогою солвера Gurobi версії 11.0.1 [7].

1. РЕАБІЛІТАЦІЙНА ПРОГРАМА ПАЦІЄНТА. ТЕСТОВИЙ ПРИКЛАД

Виконання реабілітаційної програми визначається переходом від її великих значень початкових параметрів M_i^0 до малих значень кінцевих (terminal) параметрів M_i^T за рахунок впливу фахівців на значення параметрів M_i , $i=1,2,\dots,n$, де n – кількість параметрів реабілітаційної програми. Позначимо j , $j=1,2,\dots,m$, фахівця, а q_{ij} , $0 < q_{ij} < 1$, $i=1,2,\dots,n$, $j=1,2,\dots,m$, – ваговий коефіцієнт впливу фахівця j на параметр i , c_j – вартість одного втручання фахівця j , $j=1,2,\dots,m$.

В таблиці 1 наведено вихідні дані для тестового прикладу (три параметри, чотири фахівці) реабілітаційної програми пацієнта.

Таблиця 1 – Тестовий приклад [1]: 3 коди МКФ та 4 фахівці

Коди МКФ	Значення стану пацієнта		Вагові коефіцієнти впливу фахівців			
	Початкове	Кінцеве	Ерготерапевт	Фізичний терапевт	Психолог	Лікар ФРМ
b7101.3	3	0.5	0.85	0.87	0.89	0.9
d4458.4	4	1	0.88	0.88	0.86	0.91
e410.3	3	0.5	0.9	0.9	0.9	0.87
Вартість одного втручання			100	80	110	90

Реабілітаційну програму можуть виконувати чотири фахівці мультидисциплінарної команди: **ерготерапевт**, **фізичний терапевт**, **психолог** та **лікар ФРМ**. Її результат визначається наведеними в таблиці 1 початковими та кінцевими значеннями стану пацієнта за трьома параметрами, які визначаються кодами МКФ (Міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я) – **b7101.3** (рухливість декількох суглобів), **d4458.4** (використання кисті та руки, інше уточнене), **e410.3** (індивідуальні ставлення найближчих родичів). Для всіх чотирьох фахівців в таблиці 1 наведено їх силу впливу на вказані три параметри та вартості одного втручання фахівців.

2. РЕАБІЛІТАЦІЙНА ПРОГРАМА МІНІМАЛЬНОЇ ВАРТОСТІ

Нехай x_j – невідома кількість втручань фахівця j в реабілітаційній програмі, x_j належить множині невід’ємних цілих чисел \mathbb{Z}^{\geq} , $j = 1, 2, \dots, m$.

Задача знаходження мінімальної за вартістю реабілітаційної програми є задачею цілочислового лінійного програмування та має такий вигляд:

$$C_1^* = \min_{x_j \in \mathbb{Z}^{\geq}} \sum_{j=1}^m c_j x_j \quad (1a)$$

за обмежень

$$\sum_{j=1}^m \ln(q_{ij}) \cdot x_j \leq \ln(M_i^T / M_i^0), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1b)$$

Тут цільова функція (1a) задає сумарну вартість інтервенцій всіх фахівців, а її мінімум $C_1^* = \sum_{j=1}^m c_j x_j^*$ визначає мінімальну вартість реабілітаційної програми, де x_j^* – оптимальні кількості інтервенцій фахівців $j = 1, 2, \dots, m$. Лінійні нерівності (1b) гарантують, що розрахункові значення всіх параметрів стану пацієнта будуть не більшими за кінцеві (цільові) значення параметрів.

Дійсно, результативність реабілітаційної програми пацієнта визначається нелінійними нерівностями

$$M_i^0 \times \prod_{j=1}^m (q_{ij})^{x_j} \leq M_i^T, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1c)$$

які враховуючи, що $M_i^0 > 0$, $i = 1, 2, \dots, n$, можна записати у такому вигляді

$$\prod_{j=1}^m (q_{ij})^{x_j} \leq M_i^T / M_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1d)$$

звідки маємо такі нелінійні нерівності

$$\prod_{j=1}^m e^{\ln q_{ij} \cdot x_j} = e^{\sum_{j=1}^m \ln q_{ij} \cdot x_j} \leq e^{\ln(M_i^T / M_i^0)}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1e)$$

Оскільки функція e^t монотонно зростає, то із нелінійних нерівностей (1e) отримуємо справедливість лінійних нерівностей

$\sum_{j=1}^m \ln q_{ij} \cdot x_j \leq \ln(M_i^T / M_i^0)$ для всіх $i=1,2,\dots,n$, які формують систему обмежень (1b).

У таблиці 2 для **задачі 1** наведено результати розрахунку (оптимальна кількість втручань фахівців, їхня мінімальна вартість та розрахункове значення стану пацієнта після завершення реабілітаційної програми) для тестового прикладу із таблиці 1. Розрахункові значення параметрів стану пацієнта обчислювалися за формулою $M_i = M_i^0 \times \prod_{j=1}^m (q_{ij})^{x_j^*}$, $i=1,2,3$.

Таблиця 2 – Задача 1: результати розрахунку для тестового прикладу [1]

Коди МКФ	Значення стану пацієнта		Вагові коефіцієнти впливу фахівців				Розрахункове значення стану пацієнта
	Початкове	Кінцеве	Ерго-терапевт	Фізичний терапевт	Психолог	Лікар ФРМ	
b7101.3	3	0.5	0.85	0.87	0.89	0.9	0.459459
d4458.4	4	1	0.88	0.88	0.86	0.91	0.618021
e410.3	3	0.5	0.9	0.9	0.9	0.87	0.485410
Вартість одного втручання			100	80	110	90	$C_1^* = 1320$,
Кількість втручань			0	12	0	4	$\sum x_j^* = 16$

З таблиці 2 видно, що оптимальний план для мінімальної за вартістю реабілітаційної програми коштує 1320 у.о. та реалізується за 12 втручань фізичного терапевта та чотири втручання лікаря ФРМ, що зумовлено їхніми дешевими одноразовими втручаннями порівняно з вартостями одноразових втручань ерготерапевта та психолога. Нульові кількості втручань ерготерапевта та психолога в оптимальному плані не дають змоги залучити їх до виконання реабілітаційної програми пацієнта.

Як унеможливити нульові значення втручань фахівців та навантажити їх рівномірніше розглянемо у наступному розділі.

3. РЕАБІЛІТАЦІЙНА ПРОГРАМА МІНІМАЛЬНОЇ ЗВАЖЕНОСТІ

Нехай w_j – вага пріоритету для фахівця j за кількістю втручань в реабілітаційній програмі пацієнта, $j = 1, 2, \dots, m$. Чим вища вага пріоритету фахівця, тим менша кількість втручань буде йому призначена.

Задача знаходження мінімальної за зваженістю реабілітаційної програми є задачею цілочислового квадратичного програмування та має такий вигляд:

$$W_1^* = \min_{x_j \in \mathbb{Z}^+} \sum_{j=1}^m w_j x_j^2 \quad (2a)$$

за обмежень

$$\sum_{j=1}^m \ln(q_{ij}) \cdot x_j \leq \ln(M_i^T / M_i^0), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2b)$$

Тут цільова функція (2a) задає сумарну зваженість по кількості інтервенцій, а її мінімум $W_1^* = \sum_{j=1}^m w_j (x_j^*)^2$ визначає мінімальну зваженість реабілітаційної програми пацієнта, де x_j^* – оптимальні кількості втручань фахівців, $j = 1, 2, \dots, m$. Обмеження (2b) відіграють таку ж роль, як і обмеження (1b) у задачі 1. На відміну від розв'язку задачі 1 розв'язок задачі 2 буде залучати якомога більше фахівців до виконання реабілітаційної програми пацієнта.

Це підтверджують наведені в таблиці 3 результати розрахунку для п'яти варіантів задачі 2 з вихідними даними реабілітаційної програми з таблиці 1. Розглянуті варіанти тестової задачі 2 характеризуються різними значеннями ваг пріоритету фахівців за кількістю втручань. У варіанті 1 усі ваги є одиничними, що означає однаковий пріоритет усіх чотирьох фахівців. У варіантах 2, 4 та 5 пріоритет фізичного терапевта та лікаря ФРМ у два, десять та сто разів вищий, ніж пріоритет ерготерапевта та психолога. У варіанті 3 пріоритет ерготерапевта та психолога в два рази вищий, ніж пріоритет фізичного терапевта та лікаря ФРМ.

Таблиця 3 – Результати розрахунку задачі 2 для тестового прикладу [1]

Фахівці	Результати обчислення для різних w_j									
	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4		Варіант 5	
	w_j	x_j^*	w_j	x_j^*	w_j	x_j^*	w_j	x_j^*	w_j	x_j^*
Ерготерапевт	1	4	2	3	1	6	10	1	100	0
Фізичний терапевт	1	4	1	6	2	3	1	10	1	11
Психолог	1	3	2	2	1	5	10	0	100	0
Лікар ФРМ	1	5	1	5	2	3	1	5	1	6
W_1^*	66		87		97		135		157	
$\sum c_j x_j^*$	1500		1450		1660		1350		1420	
$\sum x_j^*$	16		16		17		16		17	
M_1 (b7101.3)	0.489398		0.489657		0.356708		0.490175		0.476623	
M_2 (d4458.4)	0.603054		0.617078		0.463724		0.646113		0.594424	
M_3 (e410.3)	0.485045		0.479715		0.477605		0.469229		0.408229	

З таблиці 3 видно, що розподіл кількості втручань більш рівномірний між фахівцями у варіанті 1, якому відповідає $W_1^* = 66$. Але при цьому сильно зростає вартість реабілітаційної програми, яка становить 1500 у.о., що значно перевищує мінімальну вартість у 1320 у.о. Розподіл кількостей втручань менш рівномірний у варіантах 3 та 4, де до реалізації реабілітаційної програми пацієнта залучені всі фахівці. При цьому у варіанті 3 навантаження фахівців рівномірніше, ніж у варіанті 2, але він містить на одне втручання більше, ніж варіант 2, та є дорожчим на 210 у.о. (1660 у.о.). До виконання реабілітаційної програми у варіанті 4 залучені три фахівці (ерготерапевт, фізичний терапевт, лікар ФРМ), а у варіанті 5 – два фахівці (фізичний терапевт, лікар ФРМ). При цьому варіант 4 містить на одне втручання менше, ніж варіант 5, та є дешевшим на 70 у.о. (1420 у.о.).

4. КОРЕГУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ПАЦІЄНТА

Із таблиць 2 та 3 бачимо, що для знайдених кількостей втручань фахівців, які виконують реабілітаційну програму, кінцеві (цільові) значення параметрів стану пацієнта є заниженими по відношенню до тих, які потрібно виконати. Так, наприклад, досягнуте максимальне значення параметра $M_2 = 0.646113$ є значно меншим за $M_2^T = 1.0$, а досягнуте мінімальне значення параметра $M_3 = 0.408229$ також є меншим за $M_3^T = 0.5$. Тому корегуючи цільові параметри стану пацієнта, можна зробити кращу як за ціною так і за зваженістю реабілітаційну програму.

Нехай v_i – вага параметра i стану пацієнта в реабілітаційній програмі, а y_i – неперервна змінна, за допомогою якої коригується значення цільового параметра i , $i = 1, 2, \dots, n$.

Задача корегування цільових параметрів стану пацієнта для реабілітаційної програми може бути сформульована як задача змішаного цілочислового нелінійного програмування такого вигляду:

$$V_p^* = \min_{x_j \in \mathbb{Z}^+, y_i} \sum_{i=1}^n v_i |y_i|^p, \quad 1 \leq p \leq 2, \quad (3a)$$

за обмежень

$$\sum_{j=1}^m \ln(q_{ij}) \cdot x_j + y_i \leq \ln(M_i^T / M_i^0), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3b)$$

$$\sum_{j=1}^m c_j \cdot x_j \leq C, \quad (3c)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j \cdot x_j^2 \leq W, \quad (3d)$$

де C та W – вартість та зваженість реабілітаційної програми пацієнта, які не можуть бути перевищені.

Тут цільова функція (3a) задає найменшу зважену суму модулів в степені p для відхилень шуканих цільових параметрів стану пацієнта від

уже заданих, а її мінімум $V_p^* = \min_{x_j \in Z^z, y_i} \sum_{i=1}^n v_i |y_i^*|^p$ визначає мінімальну зважену суму, де y_i^* – оптимальні відхилення для кожного із параметрів, $i=1,2,\dots,n$, яким відповідають x_j^* – оптимальні кількості втручань фахівців, $j=1,2,\dots,m$. Тут y_i^* , $i=1,2,\dots,n$, визначаються у логарифмічній шкалі, їм відповідають скореговані цільові параметри $\bar{M}_i^T = e^{-y_i^*} \cdot M_i^T$.

Лінійні нерівності (3b) гарантують, що розрахункові значення всіх цільових параметрів стану пацієнта будуть не більшими за скореговані цільові значення параметрів. Обмеження (3c) та (3d) гарантують, що розрахована реабілітаційна програма зі скорегованими значеннями цільових параметрів буде мати вартість не більшу ніж C у.о. та її зваженість буде не більшою за величину W . В частковому випадку, якщо $V_p^* = 0$, то $y_i^* = 0$ для всіх $i=1,2,\dots,n$, і корекція цільових параметрів не потрібна.

У таблицях 4 та 5 наведені результати розрахунків щодо розв’язання двох варіантів задачі 3 для тестового прикладу з таблиці 1 при $p=1$, $w_j=1$ для всіх $j=1,2,3,4$, $v_i=1$ для всіх $i=1,2,3$. Для першого варіанту обрано $C=1320$ – мінімальну вартість реабілітаційної програми з таблиці 2 та чотири значення зваженості реабілітаційної програми $W = \{100, 80, 60, 50\}$, а для другого варіанту обрано $W=66$ – мінімальну зваженість реабілітаційної програми з таблиці 3 (варіант 1) та чотири значення вартості реабілітаційної програми $C = \{1500, 1400, 1300, 1200\}$ у.о.

У таблиці 4 наведено оптимальні значення цільової функції (3a), оптимальні кількості втручань для фахівців, оптимальні значення відхилень для корегування цільових параметрів стану пацієнта, а також значення вартості та зваженості для знайдених реабілітаційних програм. У таблиці 5 наведено розрахункові значення трьох досягнутих параметрів

стану пацієнта, які реалізують реабілітаційні програми з таблиці 4, отримані для розглянутих двох варіантів задачі 3.

Таблиця 4 – Результати розрахунку задачі 3 для тестового прикладу

Результати розв'язання задачі 3 для $p = 1$ та $C = 1320$					
W	$x_j^*, j = 1, 2, 3, 4$	$\sum_{j=1}^4 c_j x_j^*$	$\sum_{j=1}^4 w_j (x_j^*)^2$	V_p^*	$y_i^*, i = 1, 2, 3$
100	(4, 7, 0, 4)	1320	81	0.075746	(0, 0, -0.07575)
80	(2, 7, 1, 5)	1320	79	0.171781	(-0.11889, 0, 0.05289)
60	(5, 5, 1, 3)	1280	60	0.238498	(-0.01244, 0, -0.22606)
50	(4, 4, 3, 3)	1320	50	0.329311	(-0.08115, 0, -0.24816)
Результати розв'язання задачі 3 для $p = 1$ та $W = 66$					
C	$x_j^*, j = 1, 2, 3, 4$	$\sum_{j=1}^4 c_j x_j^*$	$\sum_{j=1}^4 w_j (x_j^*)^2$	V_p^*	$y_i^*, i = 1, 2, 3$
1500	(4, 4, 3, 5)	1500	66	0	(0, 0, 0)
1400	(5, 4, 2, 4)	1400	61	0.097845	(0, 0, -0.09785)
1300	(6, 4, 1, 3)	1300	62	0.226057	(0, 0, -0.22606)
1200	(6, 5, 0, 2)	1180	65	0.372019	(-0.01777, 0, -0.35427)

Таблиця 5 – Значення параметрів стану пацієнта: варіанти задачі 3, таблиця 4

Розрахункове значення стану пацієнта для випадку $p = 1$ та $C = 1320$					
M_i	M_i^T	$W = 100$	$W = 80$	$W = 60$	$W = 50$
M_1 (b7101.3)	0.5	0.481201	0.563121	0.506259	0.542269
M_2 (d4458.4)	1.0	0.702297	0.717533	0.746017	0.712492
M_3 (e410.3)	0.5	0.539344	0.527159	0.626824	0.640831
Розрахункове значення стану пацієнта для випадку $p = 1$ та $W = 66$					
M_i	M_i^T	$C = 1500$	$C = 1400$	$C = 1500$	$C = 1500$
M_1 (b7101.3)	0.5	0.489398	0.492003	0.494621	0.508954
M_2 (d4458.4)	1.0	0.603054	0.670737	0.746017	0.829746
M_3 (e410.3)	0.5	0.485045	0.551396	0.626824	0.712570

З таблиці 5 видно, що незначна корекція цільових параметрів стану пацієнта дозволяє знайти більш економні за ціною та зваженістю реабілітаційні програми. Вони можуть виконуватися за меншу кількість втручань фахівців, ніж реабілітаційні програми з таблиць 2 та 3, для виконання яких вимагалось 16 або 17 втручань фахівців. Так, наприклад, реабілітаційна програма, яка знайдена при $C=1320$ та $W=60$, виконується всього за 14 втручань фахівців: по п'ять втручань ерготерапевта та фізичного терапевта, одне втручання психолога та три втручання лікаря ФРМ. Реабілітаційна програма має вартість 1280 у.о. і для її виконання достатньо збільшити на 0.05 цільове значення першого параметра та на 0.15 – третього параметра, зменшивши значення другого цільового параметра на 0.25. Цільовими параметрами стану пацієнта будуть наступні величини $M_1^T = 0.55$, $M_2^T = 0.75$ та $M_3^T = 0.65$.

Побудовані оптимізаційні задачі можуть бути використані для сімейства прикладних задач в експертній системі **хмарної платформи пацієнт-центричної телереабілітації** [8].

Дослідження підтримано грантом Національного фонду досліджень України № 2021.01/0136.

Список літератури

1. Вакуленко Д.В., Палагін О.В., Сергієнко І.В., Стецюк П.І. Алгоритмізація та оптимізаційні моделі пацієнтоцентричних реабілітаційних програм. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. Том 60. №5. С. 62–81.
2. Стецюк П.І., Вакуленко Д.В., Семикопа Т.В. Алгоритми оптимального вибору варіантів для одного спеціального класу задач. *Проблеми керування та інформатики*. 2024. №5. С. 5–17.
3. NEOS Solver. <https://neos-server.org/> (accessed: 01.06.2024).
4. Fourer R., Gay D., Kernighan B. *AMPL, A Modeling Language for Mathematical Programming*. Belmont: Duxbury Press, 2003. 517 p.
5. Tawarmalani M., Sahinidis N.V. A polyhedral branch-and-cut approach to global optimization. *Mathematical Programming*. 2005. 103(2). P. 225–249.
6. Sahinidis N.V., BARON 21.1.13: Global Optimization of Mixed-Integer Nonlinear Programs, User's manual, 2021.
7. Gurobi Optimization, Inc., Gurobi Optimizer Reference Manual, 2014. <http://www.gurobi.com/> (accessed: 01.06.2024)
8. Хмарна платформа пацієнт-центричної телереабілітації онкологічних хворих на основі математичного моделювання: колект. монографія / Палагін О.В., Стецюк П.І., Сергієнко І.В., Владимиров О.А., Вакуленко Д.В., Будник М.М., Малахов К.С., Семикопа Т.В., Симонов Д.І., Сивак О.В.; за ред. Палагіна О. В., Стецюка П.І.; НАН України, Нац. фонд досліджень України, Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, Київ, 2024. 387 с.

ДВОЕТАПНА ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА З ОБМЕЖЕННЯМИ НА ПОТРЕБИ СПОЖИВАЧІВ ТА ПРОПУСКНІ СПРОМОЖНОСТІ ПРОМІЖНИХ ПУНКТІВ

Стовба В.О., vik.stovba@gmail.com

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Двоетапна транспортна задача з двосторонніми обмеженнями на потреби споживачів та верхніми межами на пропускні спроможності проміжних пунктів має такий вигляд: знайти

$$f_{xyz}^* = f(x^*, y^*, z^*) = \min_{x,y} \left\{ f(x, y, z) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (1)$$

за обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} = a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = z_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = \overline{1, l}, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} \leq d_k^{up}, \quad k = \overline{1, l}, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = \sum_{i=1}^m a_i, \quad (6)$$

$$b_j^{low} \leq z_j \leq b_j^{up}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (7)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

Тут $m \geq 2$, $n \geq 2$, $l \geq 1$, $a_i > 0$, $b_j^{up} \geq b_j^{low} > 0$, $d_k^{up} > 0$, $i = \overline{1, m}$, $k = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, n}$.

Задача (1) – (8) – це задача лінійного програмування (ЛП-задача), яка містить $m \times l + n \times (l + 1)$ неперервних змінних x , y та z , а також $m + 3n + 2l + 1$ лінійних обмежень. Цільова функція (1) задає сумарні

витрати на транспортування продукції від постачальників до проміжних пунктів та від проміжних пунктів до споживачів. Обмеження (2) означають транспортування a_1, \dots, a_m одиниць продукції від постачальників до проміжних пунктів, а обмеження (3) – що споживачам потрібно доставити невідомі об'єми z_1, \dots, z_n продукції з проміжних пунктів. Обмеження (4) означають, що вся продукція, перевезена від постачальників до кожного проміжного пункту, має бути обов'язково відправлена споживачам. Обмеження (5) задають верхні межі на пропускні спроможності проміжних пунктів. Обмеження (6) означає, що сумарні об'єми продукції постачальників та споживачів повинні бути рівними. Обмеження (7) задають нижні та верхні межі на невідомі потреби споживачів.

Задача (1) – (8) належить до класу збалансованих транспортних задач, тобто всю продукцію постачальників потрібно перевезти до споживачів без залишків у проміжних пунктах. Для цієї задачі справедлива така теорема.

Теорема 1 [1]. Система обмежень (2) – (8) є сумісною тоді й лише тоді, коли виконуються умови

$$a) \sum_{j=1}^n b_j^{low} \leq \sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j^{up} \quad \text{та} \quad b) \sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{k=1}^l d_k^{up}. \quad (9)$$

Двосторонні нерівності (9а) означають, що обмеження (2) – (4), (6) лінійно залежні, а одну з рівностей в обмеженнях (2) або (4) можна вилучити, причому довільну.

Для розв'язання задачі (1) – (8) можна використовувати стандартні засоби, такі як солвери Gurobi чи CPLEX з NEOS-сервера [2]. Теорема 1 дозволяє здійснювати перевірку системи обмежень задачі на сумісність до безпосереднього старту розв'язування задачі.

Задача (1) – (8) допускає декілька частинних випадків. Зокрема, якщо покласти $d_k^{up} = \sum_{i=1}^m a_i$, $k = \overline{1, l}$, вона переходить у двоетапну транспортну задачу з двосторонніми обмеженнями на потреби споживачів, яка має

цільову функцію (1) та обмеження (2) – (4), (6) – (8). Вона є ЛП-задачею з $m \times l + n \times (l + 1)$ неперервними змінними та $m + 3n + l + 1$ лінійними обмеженнями. Для неї справедлива така теорема.

Теорема 2. Система обмежень (2) – (4), (6) – (8) є сумісною тоді й лише тоді, коли виконуються умови

$$\sum_{j=1}^n b_j^{low} \leq \sum_{i=1}^m a_i \leq \sum_{j=1}^n b_j^{up}. \quad (10)$$

Якщо ж окрім рівностей $d_k^{up} = \sum_{i=1}^m a_i$, $k = \overline{1, l}$, виконуються також рівності $b_j^{up} = b_j^{low} = b_j$, $j = \overline{1, n}$, задача (1) – (8) переходить у класичну двоетапну транспортну задачу: знайти

$$f_{xy}^* = f(x^*, y^*) = \min_{x, y} \left\{ f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \right\} \quad (11)$$

за обмежень

$$\sum_{k=1}^l x_{ik} = a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (12)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} - \sum_{j=1}^n y_{kj} = 0, \quad k = \overline{1, l}, \quad (14)$$

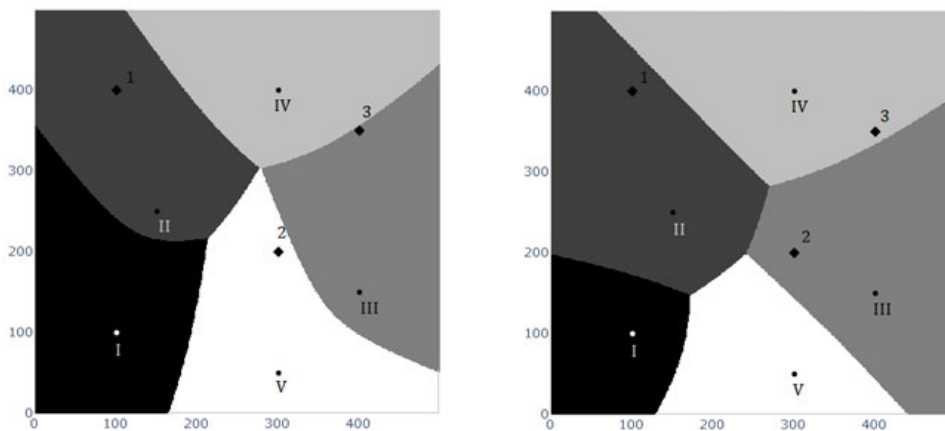
$$x_{ik} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, l}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (15)$$

Задача (11) – (15) є ЛП-задачею, яка містить $(m + n) \times l$ неперервних змінних x та y , $m + n + l$ лінійних обмежень. Вона належить до збалансованих задач транспортного типу, для якої справедлива така теорема.

Теорема 3. Система обмежень (12) – (15) є сумісною тоді й лише тоді, коли виконується умова

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (16)$$

Двоетапну транспортну задачу можна застосувати до модельної задачі оптимального розбиття множини [3], в якій однорідний ресурс, неперервно розподілений в заданій області Ω , транспортується в пункти споживання через низку пунктів первинної обробки. Необхідно розбити область Ω на сфери обслуговування постачальників (підмножини) так, щоб мінімізувати сумарну вартість транспортування ресурсу. Приклади таких оптимальних розбиттів наведено нижче.



У доповіді будуть представлені результати обчислювальних експериментів для цієї задачі з використанням солвера CPLEX та мови AMPL для різних дискретизацій, обсягів виробництва та споживання тощо.

Список літератури

1. Стецюк П.І., Стовба В.О., Хом'як О.М., Стецюк М.Г. Двоетапна транспортна задача з двосторонніми обмеженнями на потреби споживачів та верхніми межами на пропускні спроможності проміжних пунктів. Кібернетика та системний аналіз. 2024. Т. 60. № 6. С. 89–101.
2. NEOS Solvers [Electronic resource]: <https://neos-server.org/neos/solvers/>
3. Kiseleva E., Prytomanova O., Hart L. Solving a two-stage continuous-discrete problem of optimal partitioning-allocation with subsets centers placement. Open Computer Science. 2020. Vol 10. P. 124–136. <https://doi.org/10.1515/comp-2020-0142>

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ СТЕГАНОГРАФІЇ У ЗОБРАЖЕННЯХ ТА ЗВУКОВИХ СИГНАЛАХ

Стружко В.Р., Антоненко С.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Нижче наведено порівняння методів приховування даних у зображення та звукові сигнали; порівняння проведено за ємністю приховуваних даних, стійкістю до спотворень та атак, за швидкістю приховування та вилучення та за видимими чи відчутними спотвореннями.

Для приховування у зображеннях розглянуто такі методи: найменшого значущого біта (LSB – Least Significant Bit), метод частотного діапазону та Patchwork, а для приховування у звукових сигналах – методи модифікації фази, розширення спектру та метод відлуння.

LSB має високу ємність для приховування інформації, оскільки може використовувати кілька біт у кожному пікселі зображення. Це найменш стійкий метод, оскільки чутливий до стиснення з втратами та іншим перетворенням. Однак при порівнянні за швидкістю це буде найшвидший метод для приховування та вилучення у зображеннях. Видимі спотворення можуть бути помітні при сильному збільшенні приховуваних даних.

Метод частотного діапазону має середню ємність, оскільки для приховування використовуються лише певні частоти. Цей метод має високу стійкість до атак і стиснення, оскільки дані ховаються в частотних компонентах, менш схильних до змін. Метод показує середню швидкість приховування, оскільки перетворення потребують додаткових обчислень. Зміни є непомітними для сприйняття людським оком, особливо у зображеннях з високою деталізацією.

Метод Patchwork має низьку ємність, оскільки він заснований на невеликих статистичних змінах і не підходить для приховування великих обсягів даних. Метод показує високу стійкість, оскільки він заснований на статистичних властивостях і менш схильний до модифікації. Повільна швидкість приховування та вилучення через необхідність статистичної

обробки. Для методу видимі спотворення мінімальні, також через використання невеликих статистичних змін.

Метод модифікації фази має низьку ємність, оскільки потребує точного збереження фазових характеристик аудіо. Цей метод є стійким до атак і складним для виявлення факту приховування, оскільки фаза не сильно змінюється при звичайному прослуховуванні. Швидкість приховування та вилучення даних являється повільною, оскільки потребує високої точності фазових змін. Спотворення практично непомітні для людського слуху.

Метод розширення спектру має низьку ємність, оскільки дані розподіляються за широким спектром для мінімізації їх сприйняття. Слід зазначити високу стійкість методу до шумів та фільтрації, оскільки дані поширюються по всьому спектру. Метод є повільним під час приховування інформації через розподіл даних та складним при вилученні. Спотворення для слуху є непомітними, оскільки зміни розподіляються за широким спектром.

Метод відлуння має середню ємність, дозволяє приховувати невеликі дані, але вимагає точного налаштування для непомітності. Стійкість до змін – середня. Метод є чутливим до змін у гучності та частотної фільтрації. Метод показує середню швидкість, особливо при вилученні, але вимагає точного розрахунку затримки та амплітуди. Можуть виникнути помітні спотворення при неправильному налаштуванні затримки та амплітуди.

Таким чином, ми порівняли методи стеганографії за ємністю, стійкістю до перетворень та швидкістю. Метод LSB підходить для приховування великих обсягів даних з мінімальними обчислювальними витратами, але він є менш стійким до змін. Метод частотного діапазону та Patchwork забезпечують високу стійкість при обмеженій ємності. Методи для звукових сигналів краще справляються із приховуванням даних без відчутних спотворень, але мають нижчу ємність і виявляються складними для приховування та вилучення.

МЕТОДИ ЦИФРОВОГО КОДУВАННЯ МУЗИЧНОЇ НОТАЦІЇ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Сулейманов Є.С., suleimanov_e@365.dnu.edu.ua

Байбуз О.Г., baibuz_o@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Штучні нейронні мережі стають дедалі популярнішими у найрізноманітніших галузях людської діяльності.

Віднайшли вони своє місце і у такій сфері культури як музика, допомагаючи не тільки проводити автоматичний аналіз жанрової та семантичної стилістики музичних творів, а й самостійно створювати нові композиції, намагаючись навіть імітувати авторські прийоми композиторів, застосовані у творах, використаних при їх навчанні.

Нотні партитури у вигляді звичайних зображень потребують попередньої обробки шляхом конвертації у відповідні формати, які можуть бути безпосередньо використані для навчання нейронних мереж. Серед найбільш популярних форматів варто виділити наступні.

MusicXML – це відкритий формат файлів на основі XML, спеціально розроблений для обміну нотними записами між музичними програмами. Він став стандартом для обміну цифровими нотами завдяки здатності точно відтворювати всі деталі нотного запису, включаючи тривалості нот, висоту, акценти, темп, динаміку, артикуляцію, гармонії, лігу, тембр і технічні прийоми.

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) – це цифровий стандарт для передачі музичної інформації, який зберігає не звук, а команди для відтворення нот, динаміки і зміни інструментів [1].

Основні компоненти MIDI:

- Повідомлення – передають інформацію про натискання і відпускання нот, зміну темпу та інструменту.

- Канали – стандартний MIDI підтримує 16 каналів, що дозволяє одночасно керувати до 16 різними інструментами.
- Події – команди, що вказують, коли певна нота повинна зазвучати і зупинитися, визначають гучність звуку та змінюють інструмент, що звучить у межах каналу.

Pianoroll – відображає музику у вигляді матриці, де рядки та стовпці представляють час та висоту ноти відповідно. Кожен елемент цієї матриці позначає гучність звуку в певний момент часу [2].

Event-Based Representation – представляє музичний запис у вигляді послідовності подій: старт ноти, зупинка ноти, зміна гучності тощо. Кожна нота в цьому випадку описується набором атрибутів: час початку - момент, коли нота починає звучати; тривалість - час, протягом якого нота звучить; висота - частота звуку; динаміка - гучність ноти.

ABC – текстовий формат, який дозволяє зберігати музичні ноти у вигляді простих символів та літер. Його було створено для зручного обміну традиційною народною музикою, особливо мелодіями для фольклорних ансамблів. Він підтримує базові елементи нотного запису: висоти звуків, ритми, такти, розміри, акценти, має простий та компактний синтаксис – кожна нота представлена одним або кількома символами.

Кожному з оглянутих форматів властиві як переваги, так і недоліки. Тож експерт з нейронних мереж має робити вибір на підставі особистого досвіду, враховуючи як складність та специфіку музичних творів для обробки, зважаючи на відповідні обмеження форматів, так і тип завдання для вирішення, визначену архітектуру нейронної мережі та існуючі програмні та апаратні обмеження.

Бібліографічні посилання

1. Colin Raffel. Learning-Based Methods for Comparing Sequences, with Applications to Audio-to-MIDI Alignment and Matching, Columbia University, 2016. 222 p.
2. J.-P. Briot, G. Hadjeres and F.-D. Pachet, Deep Learning Techniques for Music Generation, Computational Synthesis and Creative Systems, Springer, 2019. 310 p.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ ФІНАНСОВИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ

Тарабанов О.С., tarabanov804@gmail.com

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розв'язано задачу синтезу автоматизованої системи прийняття інвестиційних рішень, що дозволяє мінімізувати ризики та максимізувати очікувану прибутковість шляхом аналізу апріорних даних і моделей прогнозування.

Основними компонентами системи обрано: модуль аналізу даних для збору та обробки апріорної інформації про фінансові активи; алгоритм прогнозування ризиків, який використовує статистичні методи для оцінки волатильності активів та ймовірних втрат, та модуль ухвалення рішень, що приймає остаточні інвестиційні рішення на основі заданих параметрів, таких як допустимий рівень ризику та очікувана дохідність.

Використані технології та інструменти:

– Метод дерева рішень для прийняття інвестиційних рішень на основі аналізу різних сценаріїв та їх ймовірностей. Дерева рішень дозволяють побудувати послідовність виборів на кожному етапі інвестування, враховуючи ризики та очікувані доходи.

– Алгоритми оптимізації для вибору найбільш вигідного варіанту інвестицій з урахуванням рівня ризику.

– Інтерфейс користувача, що забезпечує інвесторів зручними інструментами для налаштування параметрів та аналізу результатів.

Система забезпечує швидке прийняття рішень, мінімізує людський фактор у процесі інвестиційного вибору та дозволяє знизити ризики через аналіз великих обсягів даних та використання прогнозних моделей.

ПРО ПРИСКОРЕНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОЇ УПАКОВКИ НЕРІВНИХ КРУГІВ

Тиводар С.Р.¹, Хом'як О.М.²

stanislav.tyvodar@uzhnu.edu.ua

¹Ужгородський національний університет

²Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Задача сформульована наступним чином: нехай задано сімейство m кругів C_i з радіусами r_i , $i = 1, \dots, m$ та зовнішній круг C_0 з центром в точці $(0,0)$ та змінним радіусом R . Будемо вважати, що всі радіуси кругів є різними. Оптимальною упаковкою сімейства кругів в зовнішній круг називають таку їх упаковку, для якої R^* – радіус зовнішнього круга є мінімальним за умов, що круги C_i , $i = 1, \dots, m$ повністю знаходяться всередині зовнішнього круга та попарно не перетинаються між собою.

Якщо позначити (x_i, y_i) – невідомий центр круга C_i , $i = 1, \dots, m$, то задачі оптимальної упаковки сімейства кругів відповідає багатоекстремальна квадратична задача [1], яка має такий вигляд:

$$R^* = \min_{x, y, R} R \quad (1)$$

за обмежень

$$x_i^2 + y_i^2 \leq (R - r_i)^2, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \geq (r_i + r_j)^2, \quad 1 \leq i < j \leq m, \quad (3)$$

$$R \geq \max_{i=1, \dots, m} r_i, \quad (4)$$

де $x = (x_1, \dots, x_m)$, $y = (y_1, \dots, y_m)$.

Для знаходження розв'язку задачі (1) – (4) можна використовувати солвери з NEOS-сервера [2], які призначені для розв'язання задач глобальної оптимізації. Застосуємо відомий солвер BARON [3] для розв'язання шести тестових прикладів, які є у вільному доступі на веб-сайті <https://www.packomania.com/>, де $m \in \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ та радіуси кругів

$C_i, i = 1, \dots, m$ є рівними відповідним цілим додатним числам, тобто $r_i = i$.

За 28000 секунд BARON не зміг розв'язати ні одну з вказаних задач. Ситуацію змінює введення запропонованих в [1] додаткових обмежень

$$x_m = 0, y_m \leq 0. \quad (5)$$

BARON успішно справився з розв'язанням задач (1) – (5) для п'яти тестових прикладів із шести. Це підтверджують результати в наступній таблиці.

m	N_{itm}	N_{nodes}	t	t_{min}	t_{max}	R_{low}	R_{up}	R^*
5	1	1	-1	-1	-1	9.0014	9.0014	9.0014
6	2	3	0.54	0.38	0.70	11.0570	11.0570	11.0570
7	26941	22	76.79	60.48	98.50	13.4621	13.4621	13.4621
8	40713	326	265.4	203.1	349.0	16.2218	16.2218	16.2218
9	1629841	332935	15410	11341	20785	19.2332	19.2332	19.2332

Вони отримані за п'ять запусків та усереднені. Тут N_{itm} – усереднена кількість ітерацій солвера BARON, N_{nodes} – усереднена максимальна кількість задіяних вершин, t – усереднений час (в секундах), t_{min} – мінімальний час, t_{max} – максимальний час, R_{low} – усереднена нижня границя на радіус, R_{up} – усереднена верхня границя на радіус, R^* – найменший радіус круга C_0 , взятий з сайту <https://www.packomania.com/>.

Список літератури

1. Стецюк П.І., Романова Т.Є., Тиводар С.Р. Використання солвера BARON для розв'язання квадратичної задачі оптимальної упаковки нерівних кругів. Матеріали XXVI Міжнародного науково-практичного семінару «Комбінаторні конфігурації та їхні застосування» (Кропивницький–Запоріжжя–Київ, 13-15 червня 2024 року). Кропивницький: ПП «ЕксклюзивСистем», 2024. С. 179–188.
2. NEOS Solver. <https://neos-server.org/> (accessed: 10.06.2024).
3. Sahinidis N.V., BARON 21.1.13: Global Optimization of Mixed-Integer Nonlinear Programs, User's manual, 2021.

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ТЕОРЕМИ ПРО СЕРЕДНЄ ДЛЯ ОЦІНКИ МЕЖІ ПОШИРЕННЯ ШЕЛЬФОВИХ ВОД

Тітяпкин А.С., tityapkin@ukr.net,

Український науковий центр екології моря

Зайченко М.Д., zaichenkom62@gmail.com,

Тітяпкин С.С., tycoon1990asd@gmail.com

*Білгород-Дністровський фаховий коледж природокористування,
будівництва та комп'ютерних технологій*

Однією з важливих задач при вивченні екологічного стану північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) є оцінка площ поширення шельфових вод та їх трансформації. Відомо, що в цій області розвивається ряд несприятливих процесів, таких як евтрофікація вод поверхневого шару, дефіцит кисню, сірководневе зараження глибинних шарів, тощо.

Для визначення площ, які займають шельфові води, необхідно знати межу або передній фронт їхнього поширення. Оцінку цієї межі можна провести по солоності як найбільш консервативної характеристики морських вод. В багатьох дослідженнях в якості умовної межі, де материковий стік повністю змішаний з чорноморськими водами приймають положення ізогалін 17 опс, 17,5 опс або 18 опс.

Найбільш обґрунтований аналіз на великому масиві експедиційних даних з 1955 по 2005 рр. та оцінка межі виконані в [1], де на гістограмі повторюваності поверхневої солоності в ПЗЧМ показано, що величина 17,5 опс є надійною характеристикою межі, оскільки відмічається різке збільшення повторюваності при переході від мінливих шельфових вод до відносно солоних і однорідних вод східної половини ПЗЧМ.

Як і в [1], ми також проаналізували історичний масив даних за аналогічний період з солоності поверхневого шару ПЗЧМ, отриманий з європейської морської служби Corernicus [2]. Гістограма повторюваності наведена на рисунку 1 (дискретність розрахунку по солоності 0,1 опс).

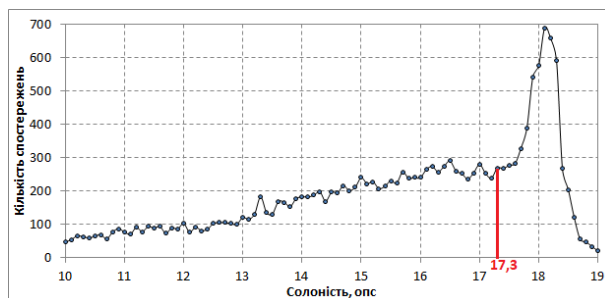


Рисунок 1 – Повторюваність значень солоності на ПЗЧМ

На відміну від [1], де визначення межі оцінено експертним візуальним шляхом, ми виконали оцінку межі як точки перегину за допомогою математичного аналізу гістограми, а саме застосували інтегральну теорему про середнє значення та чисельні методи (інтерполяції, обчислення інтегралів, розв'язування нелінійних рівнянь). Отриманий результат 17,3 опс узгоджується з [1], особливо, якщо врахувати, що вихідні дані для розрахунків відрізняються.

Описаний підхід, де невідоме може бути знайдене за допомогою теореми про середнє, буде застосовано для пошуку більш доступних параметрів, альтернативних солоності, зокрема супутникових (наприклад, хлорофіл-а), оскільки масові і регулярні дослідження в морі останні 20 років майже не проводяться. Подальші розрахунки дозволять оцінити площі поширення шельфових вод, а також зони гіпоксії придонних вод [1].

Бібліографічні посилання:

1. Попов Ю.І., Матигін О.С., та ін. Північно-західна частина Чорного моря: структура і кліматична мінливість океанологічних полів. – Одеса : вид. Букаєв В.В., 2016. – 440 с.
2. Black Sea- In-Situ Near Real Time Observations. DOI (product): <https://doi.org/10.48670/moi-00033>

ЗГОРТКОВА НЕЙРОМЕРЕЖА ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗВУКІВ

Фабрикатор М.О., dk01.fabrikator@lil.kpi.ua,

Яганов П.О., p.yagano@kpi.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Детектування та класифікація звукових сигналів є однією з важливих функцій систем моніторингу та оперативного реагування на тривожні ситуації, що супроводжуються змінами акустичного фону [1]. Ідентифікація звуків належить до складних задач, і ця складність обумовлена значною розмірністю масиву звукових даних, які потрібно аналізувати у реальному часі, необхідністю забезпечувати високу розділову здатність в умовах варіативності звукових сигналів, нечутливість до акустичного шуму. Розв'язання цих задач потребує застосування сучасних нейромережних технологій та методів машинного навчання.

У роботі досліджено метод ідентифікації звуків, який представляє спектр звукового сигналу як кластер зі спектральним центроїдом (СЦ) у ядрі кластеру. На рисунку 1 представлено СЦ звукових сигналів.

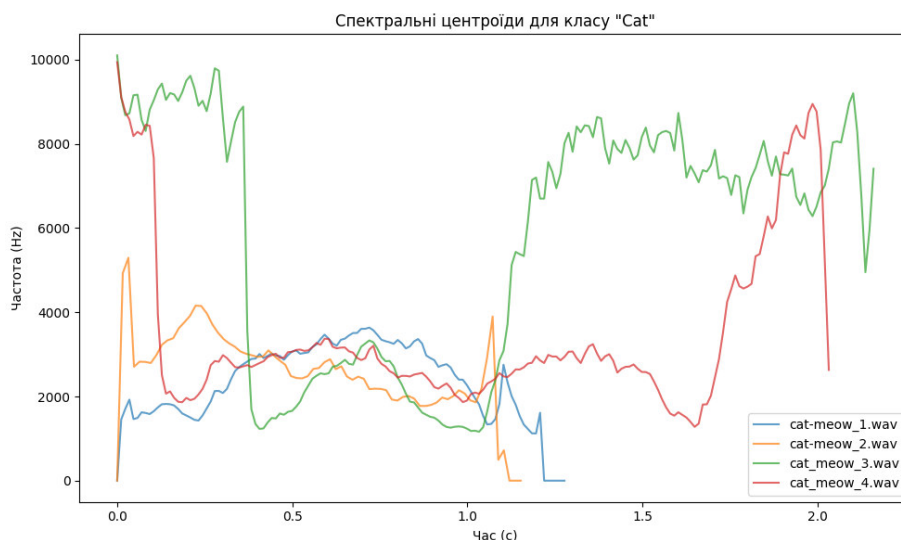


Рисунок 1. Центральні спектроїди різних звукових сигналів

Перетворення СЦ у вектор-образ звуку створює можливості для використання відомих нейромережних технологій класифікації і ідентифікації.

Для ідентифікації звуку синтезовано згорткову багат шарову нейромережу за допомогою бібліотеки TensorFlow у Python, вхідний шар якої сприймає інформацію про спектрограму звуку, а вихідний шар з функцією активації ReLU визначає ймовірність належності звуку до певного класу. Вектор-образ звукового сигналу формується як двовимірний матриця з мел-фільтрів та часових фреймів. Кожний елемент матриці представляє амплітуду звукового сигналу на певній частоті у певний момент часу. Навчання нейромережі передбачає попередній аналіз аудіофайлів різних класів звуків, екстракцію спектрограм з аудіофайлів, обчислення спектральних центроїдів, розмітку даних та їх збереження для подальшого навчання моделі, формування тренувального та тестового масиву у співвідношенні 4:1 з урахуванням стратифікації за класами. Модель навчається протягом 10 епох з оптимізатором Adam та оцінкою втрат функцією Sparse Categorical Crossentropy.

Використання спектральних центроїдів та спектрограм дозволяє зменшити обсяг даних без втрати важливої інформації, спростити процес обробки та аналізу звукових сигналів, забезпечити високу роздільну здатність та підвищити точність класифікації. Інтеграція нейромережі до складу систем моніторингу та безпеки забезпечить оперативне реагування на появу нових звукових сигналів, а можливість інтерактивного навчання з користувачем адаптує до нових класів звуків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фабрикатор М.О., Яганов П.О. «Інтелектуальні технології телекомунікацій для систем моніторингу та оперативного інформування», *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*, vol. 339, no. 4, pp. 97–101, Sep. 2024, doi: 10.31891/2307-5732-2024-339-4-15, <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/70065>

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У МЕДИЧНИХ НАБОРАХ ДАНИХ

Фунтиков М.К., nuntikov@gmail.com

Мацуга О.М., olga.matsuga@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Виявлення зв'язків між показниками в медичних наборах даних є однією з ключових і актуальних задач. У цій роботі розроблено програмне забезпечення для оцінки та аналізу кореляційних зв'язків між показниками і здійснено його практичну апробацію на реальних даних. Програмне забезпечення розроблено мовою Python із використанням бібліотек numpy, pandas, scipy, matplotlib, seaborn. Воно дозволяє:

- оцінювати та перевіряти значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона, Спірмана й Кендала між показниками дослідження, як за сукупністю всіх пацієнтів, так і окремо в межах різних груп;
- порівнювати коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена між різними групами;
- групувати показники із суттєвими кореляціями за допомогою агломеративної кластеризації;
- візуалізувати виявлені кореляції за допомогою теплокарти;
- зберігати отримані матриці кореляцій у таблиці Excel для подальшого аналізу медичними працівниками.

Апробацію програмного забезпечення проведено на реальному наборі даних офтальмологічного обстеження пацієнтів. Серед 140 показників виявлено 178 пар зі значущою кореляцією, де модуль коефіцієнта кореляції Пірсона перевищує 0.95. Крім того, виявлено 2348 пар показників, які мають різну кореляцію залежно від діагнозу пацієнта.

ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ БІОЛОГІЇ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАДАЧ

Хімченко Г.О., brawlstatsa@gmail.com

Козакова Н.Л., kozakova.natali@gmail.com

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Дослідження динаміки взаємодії між корупцією, тіньовою та легальною економікою є надзвичайно актуальним з огляду на значний вплив цих явищ на економічний розвиток, соціальну стабільність та ефективність державного управління. Розуміння динаміки взаємодії між цими компонентами дозволяє оцінити ефективність антикорупційних заходів з легалізації економічної діяльності, що важливо для довгострокового економічного зростання.

Для побудови математичної моделі нелінійної динаміки економічної системи було застосовано модель, аналогічну до біологічної задачі співіснування трьох взаємозалежних видів у біології [1]. Це може бути модель типу системи диференціальних рівнянь, яка описує зміну кожної з трьох компонент у часі:

$$\begin{cases} \beta_1 \frac{dN_1}{dt} = (-\alpha_1\beta_1 + aN_2)N_1, \\ \beta_2 \frac{dN_2}{dt} = (-\alpha_2\beta_2 - aN_1 + bN_3)N_2, \\ \beta_3 \frac{dN_3}{dt} = (\alpha_3\beta_3 - aN_2)N_3, \end{cases}$$

де $N_1(t)$ – рівень корупції в момент часу t ; $N_2(t)$ – рівень тіньової економіки в момент часу t ; $N_3(t)$ – рівень легальної економіки в момент часу t ; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – параметри моделі, що характеризують внутрішні властивості відповідних секторів економіки; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – масштабні коефіцієнти; a, b – коефіцієнти взаємодії між секторами економіки.

Рівень корупції залежить від рівня тіньової економіки та впливу з боку легальної економіки, тобто, чим вищий рівень тіньової економіки, тим більші стимули для корупції, але водночас зростання легальної економіки може обмежувати корупцію. Рівень тіньової економіки

підтримується корупцією, але зменшується при зростанні легальної економіки. Рівень легальної економіки може зростати внаслідок зменшення тіньової економіки та корупції, але зменшується, якщо корупція та тіньова економіка мають значний вплив.

Для точнішого формулювання системи необхідно визначити конкретні взаємодії між цими складовими, а також початкові умови та параметри моделі, що описують економічні та соціальні особливості певної країни чи регіону.

В роботі було створено програмний продукт на мові програмування Python, що реалізує методи Рунге-Кутта та скінченних різниць. Проведено аналіз динаміки та тенденції економічної еволюції з урахуванням корупції та тіньової економіки.

Список використаної літератури

1. Коляда Ю.В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія. Київ: КНЕУ, 2019. 367 с.

ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

Чугай А.М.^{1,2}, Шеховцов С.Б.³, Яськов Г.М.^{1,3}, Щербина М.О.¹
chugay.andrey80@gmail.com, serhii.shekhovtsov@nure.ua,
yaskov@ukr.net, maxshcherbyna247@gmail.com

¹*Інститут енергетичних систем і машин ім. А.М. Підгорного НАН України*

²*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

³*Харківський національний університет радіоелектроніки*

Теорія оптимізаційного геометричного проєктування відкриває нові горизонти для вирішення складних задач, спрямованих на ефективне розміщення об'єктів різної природи у просторі. Вона є невід'ємним інструментом для дослідження та оптимізації технічних систем, особливо коли йдеться про задачі, які потребують максимально раціонального використання ресурсів, наприклад, у процесах розкрою матеріалів або пакування об'єктів. Задачі такого роду знаходять застосування в найрізноманітніших галузях – від енергетики та машинобудування до нанотехнологій та медичних досліджень. Їх значення важко переоцінити, адже вони дозволяють створювати ресурсо- та енергозберігаючі рішення, необхідні в сучасному світі. Використання подібних методів оптимізації сприяє економії матеріалів і мінімізації відходів, що є актуальним у промисловості, будівництві, авіабудуванні, а також у високотехнологічних областях. Оскільки задачі оптимізації розміщення об'єктів охоплюють не лише тривимірні, а й двовимірні простори, для них розроблено широкий спектр методів і підходів, здатних враховувати як геометричні, так і технологічні обмеження. Автоматизація та моделювання стали основними складовими процесу вирішення подібних задач, забезпечуючи високий рівень точності й ефективності при мінімальному людському втручанні. Однак аналітичний опис області допустимих рішень у таких задачах є надзвичайно складним: багатовимірні й багатофакторні аспекти, нелінійність функцій обмежень вимагають нових підходів, які дозволили б оптимізувати обчислювальні процеси та швидкість отримання результатів.

Застосування штучного інтелекту стає важливою складовою сучасних методів вирішення цих задач. Системи штучного інтелекту й інтелектуальні інформаційні технології допомагають створювати середовище, у якому можливе автоматизоване прийняття рішень. Інтелектуальна інформаційна система - це більше, ніж просто сукупність алгоритмів і моделей. Це цілісна структура, що здатна аналізувати вихідну інформацію, враховувати технологічні обмеження і, на основі цих даних, обирати оптимальні стратегії й математичні моделі для вирішення поставлених завдань. Така система може самостійно налаштовувати параметри методів і підходів залежно від специфіки завдання, що робить її гнучкою та універсальною для різних сфер застосування. Виявлення загальних закономірностей і принципів, що лежать в основі моделювання оптимізаційних геометричних задач, відкриває перспективи для розробки єдиної інтелектуальної технології, здатної забезпечувати ефективне розв'язання широкого класу завдань. Цей уніфікований підхід до математичного моделювання, заснований на основах теорії оптимізаційного геометричного проектування, створює базу для нових автоматизованих систем підтримки прийняття рішень у галузі геометричного проектування. Застосовуючи цю єдину технологію ([1]-[4]), можна автоматизувати процеси розміщення тривимірних об'єктів із високою точністю, що значно підвищить ефективність і продуктивність у різних галузях індустрії.

[1] Litvinchev I., Chuhai A., Shekhovtsov S., Romanova T., Yaskov G.. Intelligent Technology in Geometric Design. In: Marmolejo-Saucedo J.A., Rodríguez-Aguilar R., Vasant P., Litvinchev I., Retana-Blanco B.M. (eds) Computer Science and Engineering in Health Services. COMPSE 2022. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham, 2024. P. 63–77. doi: 10.1007/978-3-031-34750-4_5.

[2] Stoyan Y., Pankratov A., Romanova T. Placement Problems for Irregular Objects: Mathematical Modeling, Optimization and Applications. In: Butenko S., Pardalos P., Shylo V. (eds) Optimization Methods and Application. Springer Optimization and Its Applications. Vol. 130. Springer, Cham, 2017. P. 521–559. doi: 10.1007/978-3-319-68640-0_25.

[3] Romanova T.E., Stetsyuk, P.I., Chugay A.M. et al. Parallel Computing Technologies for Solving Optimization Problems of Geometric Design. Cybern Syst Anal. 2019. Vol. 55. P. 894–904. doi:10.1007/s10559-019-00199-4.

[4] Chernov N., Stoyan Yu, Romanova T. Mathematical model and efficient algorithms for object packing problem. Computational Geometry: Theory and Applications, vol. 43:5, 2010, 535–553, doi.org/10.1016/j.comgeo.2009.12.003

ЗАСТОСУВАННЯ LLM МОДЕЛІ GEMINI ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ СТУДЕНТСЬКИХ РОБІТ

Шапошников О.В., alek@fifealek.com, Трофімов О.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кілька років тому в наше життя увірвалися великі мовні моделі (LLM). Це загалом велике і революційне рішення за останні 20-30 років. LLM, або Велика мовна модель, представляє собою складну нейронну мережу, навчану на величезних масивах текстових даних. Основні компоненти, з яких складається LLM:

- **Нейронні мережі:** Це основа будь-якої LLM. Вони складаються з багатьох взаємопов'язаних штучних нейронів, які обробляють інформацію та навчаються на даних.
- **Трансформери:** Архітектура трансформерів стала ключовою для сучасних LLM. Вона дозволяє моделі ефективно обробляти послідовності даних, таких як текст, та уловлювати контекстні зв'язки між словами.
- **Увага:** Механізм уваги дозволяє моделі фокусуватися на найбільш важливих частинах вхідних даних під час генерації відповіді.
- **Шари:** LLM складаються з багатьох шарів, кожен з яких виконує свою функцію. Наприклад, перші шари можуть виділяти низькорівневі ознаки, а останні шари генерують вихідний текст.
- **Параметри:** Кількість параметрів у LLM може сягати мільярдів. Ці параметри налаштовуються в процесі навчання і визначають поведінку моделі.
- **Дані для навчання:** LLM навчаються на величезних корпусах текстових даних, таких як книги, статті, веб-сторінки тощо.

Як працюють LLM:

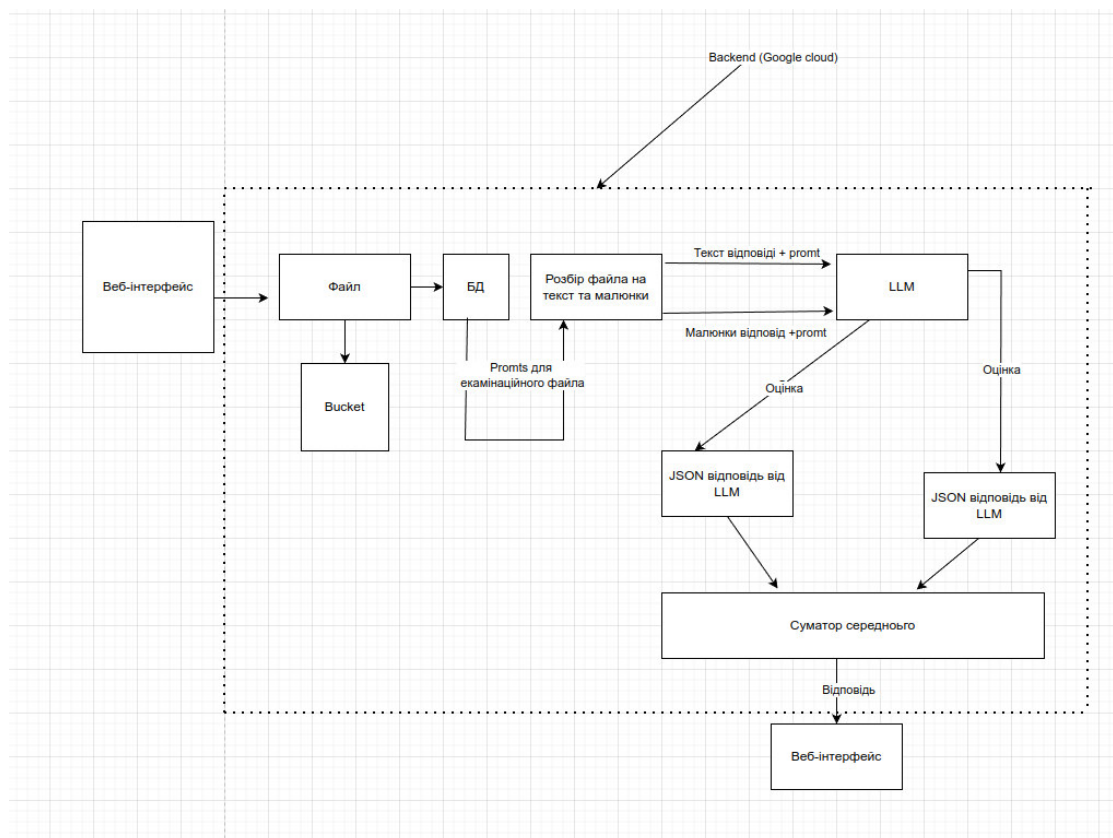
- **Вхідні дані:** Модель отримує на вхід текстовий запит.
- **Обробка:** Текст перетворюється в числове представлення, яке модель може обробляти.
- **Генерація:** Модель генерує послідовність слів, що найбільш ймовірно є відповіддю на запит або продовженням тексту.

Кілька сучасних моделей у світі:

- GPT-3, GPT-4: Одна з найвідоміших і потужних LLM, розроблена OpenAI.
- BERT: Модель, розроблена Google, що добре підходить для завдань розуміння мови.
- LLaMA: Модель від Meta.

Де можна використовувати LLM на прикладному рівні: чат-боти, в навчанні у школах та університетах, на виробництві при автоматизації процесів з можливістю донавчання під потреби замовників, використання голосових помічників, автоматизація кол-центрів тощо.

В даній роботі розглянуто питання застосування великої мовної мережі для перевірки тестових та екзаменаційних робіт. В якості вхідних даних для перевірки використаний текстовий файл, що подає студент як відповідь на тест або завдання.



Принципова схема системи перевірки з використанням LLM показана на рис. 1.

На схемі зображено принцип обробки файлу з роботою студента, але якщо розглядати рішення загалом, то це має бути кабінет студента-викладача, де викладач розробляє тести, іспити тощо. Студент має можливість переглянути завдання та завантажити його, а також переглянути історію іспитів та тестів. Якщо подивитися в майбутнє, цей підхід надасть можливість автоматизувати процес іспитів і знизити навантаження на викладачів.

Бібліографічні посилання

https://support.google.com/a/answer/13623623?hl=ru&co=DASHER_Family%3DBusiness-Enterprise

<https://www.manning.com/books/analyzing-multimodal-data-with-large-language-models>

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЖИТТЄВОЇ ЦІННОСТІ КОРИСТУВАЧА У ПІДПИСОЧНИХ СИСТЕМАХ МОНЕТИЗАЦІЇ СТАРТАПІВ

Шатохін М.А., Трофімов О.В., Shatokhin.m13@gmail.com
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

З розвитком цифрових платформ і підписочних моделей монетизації все більше стартапів орієнтуються на бізнес-моделі, які забезпечують стабільний дохід, отримуваний на основі довготривалих відносин з користувачами. Відповідно, критичним аспектом є оцінка життєвої цінності користувача (Customer Lifetime Value, LTV), яка дозволяє компаніям прогнозувати дохід від користувача на тривалий період, зважаючи на ймовірність його утримання. Прогнозування LTV є складною задачею, що потребує врахування динамічних змін у поведінці користувачів, економічних умовах та еволюції ринку. Застосування машинного навчання для прогнозування LTV у підписочних моделях дає змогу досягти точніших прогнозів і приймати обґрунтовані стратегічні рішення, що є особливо важливим для стартапів у середовищі високої конкуренції та обмежених ресурсів.

Метою дослідження є вивчити ефективність різних методів машинного навчання для прогнозування LTV у підписочних системах стартапів та оцінити їхню придатність для підвищення точності прогнозів та оптимізації бізнес-рішень у контексті системного аналізу.

Завдання включає:

1. Розробку математичної моделі прогнозування LTV, що здатна враховувати фактори утримання, частоту і середній чек покупок, індивідуальні характеристики клієнта.
2. Аналіз та порівняння різних підходів машинного навчання для визначення найефективніших алгоритмів у прогнозуванні LTV.

3. Оцінку ефективності моделей у прийнятті стратегічних рішень, зокрема в плануванні маркетингових кампаній, сегментації клієнтів та управлінні витратами на залучення та утримання користувачів.

Загальну задачу прогнозування LTV у підписочних моделях монетизації можна сформулювати задачу як регресійну задачу машинного навчання. Нехай U – множина користувачів; t – час, за який ми прогнозуємо LTV (наприклад 12 місяців); $C(u, t)$ – функція, що описує загальний дохід, отриманий від користувача u за період часу t . Тоді LTV для користувача u можна визначити як функцію:

$$LTV(u) = \sum_{k=1}^t [R(u, k) - C_{ch}(u, k)]$$

де $R(u, k)$ – дохід від користувача u в момент k , $C_{ch}(u, k)$ – витрати на утримання користувача u в момент k .

Для вирішення задачі розглянуто та проаналізовано основні методи машинного навчання, що застосовуються в прогнозуванні LTV. Попередні дослідження показали, що деревоподібні моделі та нейронні мережі демонструють вищу точність прогнозування LTV порівняно з класичними регресійними підходами, завдяки здатності моделювати складні багатовимірні залежності. Крім того, моделі машинного навчання забезпечують більш обґрунтовану сегментацію користувачів, що дозволяє оптимізувати маркетингові стратегії та мінімізувати витрати на залучення нових підписників.

Застосування методів машинного навчання для прогнозування життєвої цінності користувача LTV є перспективним підходом для стартапів, що використовують підписочні моделі монетизації. Алгоритми машинного навчання дозволяють більш точно прогнозувати потенційну цінність клієнтів і забезпечують підтримку прийняття стратегічних рішень у маркетингу та управлінні витратами.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМАЦІЇ СКЛАДНИХ СТРУКТУР

Шляхов Є.О, j-shlyahov@ukr.net

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Розробляються комп'ютерні моделі, які описують процес взаємодії важких штампів з основою, що піддається деформаціям під навантаженням. Досліджувана основа має складну, багат шарову структуру, яка зазнає змін під час взаємодії зі штампом, реагуючи на різні рівні тиску та зовнішні впливи. Вивчення такої системи є актуальним через необхідність прогнозування змін у структурі основ великих будівель і споруд, оскільки ці зміни безпосередньо впливають на можливість їхнього осідання та перекосу. Подібні дослідження особливо важливі для районів, де під землею створюються штучні порожнини — сховища природного газу чи відходів небезпечних виробництв. Окрім того, значний вплив на деформацію основ можуть мати різноманітні підземні комунікації, зокрема тунелі метро або каналізаційні системи, а також природні фазові переходи, обумовлені сезонними змінами.

Враховуючи складність та різнотипність впливів на основу, передбачається постановка комплексної еволюційної задачі, що враховує часовий розвиток процесів деформації. Це включає використання варіаційних формулювань та скінченно-елементних методів для точнішої апроксимації поведінки системи. Для реалізації моделей планується розробка спеціалізованого програмного забезпечення, проведення серії обчислювальних експериментів і оцінка результатів, що дозволить сформулювати практичні рекомендації для інженерних і наукових цілей.

МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ПОСТАЧАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Шолін К.С. sholin.k19@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У системах пов'язаних з постачанням фармацевтичної продукції до кінцевого замовника двома основними процесами можна вважати організацію її зберігання та ефективну доставку.

Математичні моделі задач, що відносяться до процесів, пов'язаних з зберіганням такої продукції зводяться до задач про обмежений рюкзак в яких задається не лише вага чи розмір відповідної продукції, а і параметри що відповідають певним характеристикам. Оскільки задача про рюкзак відноситься до класу NP-важких, то доцільно розробляти ефективні евристичні алгоритми що дають прийнятні розв'язки.

Не менш важливою задачею є і організація оптимальних транспортних маршрутів які забезпечать мінімізацію витрат на доставку та будуть гарантувати не порушення директивних термінів доставки.

Моделі з деяких таких задач формулюються у вигляді багатопродуктових транспортних мереж з відповідними обмеженнями і в таких постановках зводяться до задач цілочислового лінійного програмування [1].

У системах постачання широко застосовуються моделі оптимізації, які базуються на класичних задачах з теорії графів. Однією з відомих задач, що використовується в логістиці, є задача комівояжера, яка полягає у знаходженні оптимального маршруту доставки товарів від одного фіксованого пункту (наприклад, складу) до скінченої множини замовників при якому мінімізуються витрати або час.

У контексті перевезень фармацевтичної продукції задача ускладнюється додатковими обмеженнями: забезпеченням належних умов транспортування, врахуванням часу зберігання препаратів та врахуванням можливості транспортування між окремими пунктами різними видами транспорту. В цьому випадку можливі маршрути моделюються мультиграфами.

Через обчислювальну складність задачі комівояжера точні розв'язки за прийнятний час для реальних задач не можуть бути отримані. Тому інколи прості евристичні підходи при розробці наближених методів дають прийнятні результати для практичних задач в порівнянні з випадками, коли математичний апарат не використовується при аналізі таких задач.

В даній роботі розглядається задача маршрутизації з кількома рівнями доставки де окремі рівні мають свої специфічні маршрути пов'язані з мультиканальним постачанням. Запропонований наближений алгоритм поліноміальної складності дозволив покращити показники пов'язані з організацією зберігання та транспортування фармацевтичної продукції в одній із фірм.

Цей досвід свідчить про те, що навіть незначна формалізація реальних задач та врахування їх специфіки дозволяє отримати прийнятні для практики результати.

Перелік використаних джерел

1. Васянін В.О., Трофимчук О.М., Ушакова Л.П. Задача маршрутизації збірних вантажів у багатопродуктовій транспортній мережі із заданими тарифами і обмеженнями на час доставки. Кібернетика та системний аналіз. 2022. Том 58, № 6. С. 130-142.

УЗАГАЛЬНЕННЯ ГРАФІЧНОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОЗИЦІЙНИХ ІГОР

Щербак П.В., pavloscherbak@gmail.com, Турчина В.А.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Використання позиційних неантогоністичних ігор з повною інформацією є важливим інструментом для аналізу взаємодії у сучасних системах, де ключовим фактором є кооперація, а не протистояння. У таких іграх всі учасники мають повний доступ до інформації про можливі стани системи, що дозволяє їм приймати обґрунтовані рішення для максимального досягнення спільної вигоди [1]. Особливо актуальним є аналіз таких задач у сферах, де потрібно гармонізувати взаємодію різних сторін з метою ефективної організації функціонування системи, яка досліджується.

Позиційні ігри дозволяють моделювати складні процеси, де різні учасники працюють разом для досягнення загальної мети. Такі моделі можна застосовувати у логістичних системах, де кілька транспортних компаній координують маршрути для мінімізації витрат, або у виробництві, де різні компанії планують обсяги виробництва враховуючи обсяги інших так, щоб уникнути надлишкової пропозиції на ринку.

Серед методів розв'язання антогоністичних позиційних ігор з повною інформацією, які задаються у вигляді дерева гри ефективно застосовувати відомий графічний метод. В даному дослідженні запропоновано графічний метод знаходження розв'язків для неантогоністичних позиційних ігор з повною інформацією, коли кількість учасників більша двох.

Наведемо схему алгоритму.

Етап 1: Побудова дерева гри.

Ініціалізувати корінь дерева (початковий стан гри). $k=1$.

1.1 Визначити вершини, що відповідають k -му рівню дерева згідно з варіантами вибору можливих ходів на кроці $(k-1)$.

Якщо всі можливі варіанти ходів розглянуті, то перехід на етап 2.

$k=k+1$; Перейти на 1.1 .

Етап 2: Призначення виграшів для кінцевих вузлів.

Для кожної кінцевої вершини, задати вектор виграшів i -та компонента якого відповідає виграшу i -го гравця у випадку коли гра закінчується в даній позиції .

Етап 3: Пошук оптимального розв'язку.

Починаючи з передостаннього рівня дерева знаходимо для кожної вершини, що розташована на ньому, відповідні вектори виграшів кожного гравця. При цьому фіксуємо виграш того гравця, якому відповідає дана вершина дерева. Процес закінчується коли визначиться вектор, що відповідає кореню.

Етап 4: Пошук оптимального шляху в дереві варіантів.

Починаючи з кореневої вершини, рухаючись по шляхам, які відповідають виділеним компонентам векторів і закінчуються відповідною кінцевою вершиною, визначаємо оптимальні варіанти вибору ходів.

Алгоритм програмно реалізовано на мові Python та проведено обчислювальний експеримент.

Програма автоматично будує дерево гри, проводить аналіз взаємодії між учасниками та знаходити оптимальні рішення для різних конфігурацій систем.

Бібліографічні посилання

1. Farshi Esmail . Positional dynamics in competition: introducing targeted position games (tpgs) Journal of game theory, 2023, vol. 12, no. 3, pp. 45-67.

**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ
ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ З
ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ**

Щочка А.А., Золотко К.Є.

andrey.shochka@gmail.com, zolotko_kkt@dsu.dp.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У сучасному світі штучний інтелект (ШІ) активно інтегрується у різні сфери, від бізнесу та медицини до промислових технологій і побутових пристроїв. Одним із найпоширеніших методів, що використовуються для розв'язання задач прогнозування та класифікації, є нейронні мережі. Однак важливим аспектом їх застосування залишається оцінка якості прогнозування. Недостатня точність може призвести до некоректних результатів, що в умовах критичних застосувань може мати серйозні наслідки. У даній роботі розглядається методика оцінювання якості прогнозування нейронними мережами з використанням адаптивних алгоритмів оптимізації, таких як Adam та RMSprop, для підвищення точності та стабільності результатів.

Прогнозування за допомогою нейронних мереж є складним завданням, оскільки модель може навчитися як на основі корисних, так і на основі шумових даних, що ускладнює оцінку якості прогнозування. У більшості випадків використовуються метрики точності (accuracy), середньоквадратичної похибки (MSE) та коефіцієнта детермінації (R^2) для аналізу продуктивності моделі. Проте такі метрики можуть не завжди враховувати специфіку набору даних або алгоритму оптимізації. У цьому дослідженні пропонується використання адаптивних алгоритмів для покращення тренувального процесу і забезпечення більш стабільних результатів.

Для розв'язання задачі прогнозування були обрані три адаптивні алгоритми оптимізації: SGD (градієнтний спуск), RMSprop та Adam, які

використовуються в процесі навчання нейронної мережі для налаштування вагових коефіцієнтів. У процесі експериментального дослідження була реалізована нейронна мережа на основі бібліотеки TensorFlow. У якості тренувальних даних було використано набір Boston Housing, де необхідно передбачити ціну житла на основі множини факторів, таких як площа будинку, близькість до центру, кількість кімнат тощо.

Для оцінки продуктивності алгоритмів використовувалися метрики MSE та R^2 , що дозволяє визначити точність та узгодженість прогнозів моделі. Вибір метрик був обумовлений потребою оцінити не лише точність передбачень, але й стабільність роботи моделей на нових даних.

У ході експерименту нейронна мережа тренувалася з використанням різних адаптивних алгоритмів на навчальній та тестовій вибірках. Результати для кожного з алгоритмів наведено у таблиці:

Алгоритм	MSE (Тренувальна вибірка)	MSE (Тестова вибірка)	R^2 (Тестова вибірка)	f1- score
SGD	0,15	0,20	0,85	0,94
RMSprop	0,12	0,17	0,89	0,92
Adam	0,10	0,15	0,91	0,90

Як видно з таблиці, Adam показує найкращі результати як на тренувальній, так і на тестовій вибірках. Це свідчить про те, що адаптивні алгоритми оптимізації можуть значно підвищити стабільність і точність прогнозування. Високий коефіцієнт детермінації для Adam підтверджує, що дана модель здатна більш ефективно інтерпретувати приховані закономірності у наборі даних.

1. Kingma D. P., Ba J. (2014) Adam: A Method for Stochastic Optimization. arXiv preprint arXiv:1412.6980.
2. Tieleman, T., Hinton, G. (2012). Lecture 6.5—RMSprop: Divide the gradient by a running average of its recent magnitude.

РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ СЕРЕДИННОЇ ПОВЕРХНІ ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ З ВЕЛИКИМИ ПРОГИНАМИ

Юдін А. О., udin.a20@365.dnu.edu.ua,

Сафронова І. А., safronova_i@365.dnu.edu.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Оболонки обертання, які під впливом зовнішніх навантажень, одержують достатньо великі узагальненні переміщення є складовими елементами багатьох машинобудівних конструкцій і приладів. Такі оболонкові елементи часто можуть мати зміну жорсткості та іншу неоднорідну вздовж меридіану структуру. У той же час особливості урахування таких аспектів проблеми залишаються все ще недостатньо вивченими [3, 4].

У поданій роботі проводяться теоретичне і числове моделювання задач розрахунку напружено-деформованого стану та вибору раціональних проектних параметрів оболонок обертання довільного профілю у припущенні великих переміщень при малих деформаціях. Чутливість манометричного приладу, що містить мембранний гофрований елемент, визначається кутом нахилу характеристичної кривої, «тиск – максимальне переміщення», а похибка вимірювання тисків суттєво залежить від довжини її лінійної ділянки.

Розрахунковою схемою чутливого мембранного елемента приймається оболонка обертання в моментній постановці [2, 5]. Досліджено вплив на властивості характеристичної кривої зміни геометричних параметрів мембрани синусоїдального профілю. При цьому зменшення глибини гофрування призводить до збільшення чутливості мембрани так, що найбільшу чутливість з класу круглих мембран має гладка мембрана. Проте із зменшенням глибини гофрування пружна характеристика мембран стає більш нелінійною. Збільшення ж постійної

глибини гофрування, хоча і приводить до збільшення лінійної частини пружної характеристики, але зменшує чутливість мембрани.

Ці протиріччя призводять до необхідності розв'язання оптимізаційної задачі, суть якої полягає у проектуванні мембрани найбільшої чутливості (максимального кута нахилу характеристичної кривої) при заданій довжині лінійної ділянки, або навпаки – подовжити цю довжину при заданій чутливості [5]. Враховуючи складність розв'язування нелінійної задачі оптимізації, у поданій роботі використано імітаційний підхід [1], пов'язаний з розглядом більш простої задачі – максимізувати найбільший прогин при заданій довжині лінії меридіану оболонки-мембрани.

Розв'язування задачі здійснюється на основі необхідних умов оптимальності у формі принципу максимуму Понтрягіна. Приводяться результати чисельного моделювання та аналізу оптимальних проектів мембран найбільшої чутливості, які подані у вигляді таблиць і графіків, проведено їх аналіз та відповідні порівняння.

Список використаних джерел

1. Bulakajev P.I. An algorithm for the prediction of search trajectory in nonlinear programming problems optimum design / P. I. Bulakajev, A. P. Dzyuba // Structural Optimization: Research Journal of Intern. Society of Struct. and Multidisciplinary Optimiz. (ISSMO, Germany). - Springer - Verlag. - 1997. - V.13. - №2,3. - P.199-202.
2. Dzyuba, A.P., Sirenko, V.N., Dzyuba, P.A. and Safronova, I.A., 2018. Models and algorithms of optimization of elements of heterogeneous shell constructions. Actual problems of mechanics: monograph. Und. ed. NV Poljakov. Dnipro: Lira.
3. Koshevyi, O.O., Kosheva, I.S. Багатокритеріальна параметрична оптимізації в парі цільових функцій: вага і переміщення оболонки мінімальної поверхні на прямокутному контурі при термосиловому навантаженні. Ways to Improve Construction Efficiency, 2022, 1.49: 66-78.
4. Попов, В.О., Криклива, К. П. Оптимізація експлуатаційних параметрів існуючих вертикальних металевих циліндричних резервуарів. 2023. PhD Thesis. ВНТУ.
5. Сафронова І.А. Алгоритм розв'язування задачі оптимізації форми гнучких гофрованих мембран // «Scientific and Practical Results. Prospects for Their Development» (2016, Abu-Dhabi, UAE). P. 35-39.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СТЕГАНОГРАФІЇ НА ОСНОВІ DCT В JPEG ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Юцов О.С. yutsov.o19@365.dnu.edu.ua

Шевельова А.Є. shevelevaee@dnu.dp.ua

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (www.dnu.dp.ua)

Аналіз ефективності стеганографії на основі дискретного косинусного перетворення (DCT) в JPEG-зображеннях для захисту інформації є актуальним завданням у галузі інформаційної безпеки, враховуючи зростаючий обсяг цифрових даних і необхідність їх захисту. Формат JPEG залишається одним із найпоширеніших форматів для зображень в Інтернеті, тому розробка ефективних методів приховування даних в ньому має значний практичний інтерес [3].

У роботі розглянуто задачу розробки стеганографічного алгоритму, що використовує DCT для приховання даних у JPEG-зображеннях. На основі аналізу існуючих методів (DCT, LSB тощо), було обрано метод модифікації частотних компонентів, що дозволяє зберігати приховані дані при мінімальній помітності змін для людського сприйняття.

Проведено аналіз структури JPEG-файлу, зокрема:

- Заголовок (SOI, APP0, DQT), що визначає основні метадані та таблиці квантизації;
- Таблиці квантизації, які зменшують точність частотних компонентів і тим самим знижують обсяг даних;
- Сегменти зображення (IDCT), де приховання інформації здійснюється через зміни DCT-коефіцієнтів.

Методика DCT передбачає перетворення зображення з просторової області в частотну, що дозволяє виділити ключові частоти для стиснення. Основні етапи включають:

- Розбиття зображення на блоки (зазвичай 8x8 пікселів);
- Обчислення частотних компонентів за допомогою DCT;

- Квантизацію для зменшення точності значень;
- Кодування даних шляхом зміни низькочастотних компонентів;
- Зворотне перетворення DCT для отримання зображення з прихованими даними.

Для виявлення можливих стеганографічних даних застосовано статистичний метод χ^2 , що дозволяє знаходити аномалії у частотному спектрі. Цей метод порівнює фактичний розподіл DCT-коефіцієнтів з очікуваним, де значне відхилення може свідчити про наявність прихованих даних.

Результати дослідження показують, що розроблений алгоритм забезпечує надійне приховання інформації при збереженні якості зображення, а також є стійким до базових стеганографічних атак. Розроблені алгоритми можуть бути використані в подальших дослідженнях для вдосконалення методів захисту інформації в зображеннях JPEG, зокрема для підвищення стійкості до статистичних та інших атак.

Бібліографічні посилання

1. Arau R, Asante M, Twum F, Ben Hayfron-Acquah J., Peasah K.O. Image steganography techniques for resisting statistical steganalysis attacks: A systematic literature review. *PLoS ONE* 19(9): e0308807. 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308807>
2. Rahman S., Uddin J., Zakarya M., Hussain H., Khan A.A., Ahmed A., Haleem M. A comprehensive study of digital image steganographic techniques. *IEEE Access* 11. P. 6770-6791, 2023. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3237393>
3. Кузнецов О.О., Євсєєв С.П., Король О.Г. Стеганографія: навчальний посібник. Х.: Вид. ХНЕУ, 2011. – 232 с.
4. Kumar Sahu A., Sahu M. Digital image steganography and steganalysis: A journey of the past three decades. *De Gruyter Open Computer Science* 10, 2020. <https://doi.org/10.1515/comp-2020-0136>
5. Хорошко В.О., Яремчук Ю.Є., Карпінець В.В. Комп'ютерна стеганографія: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 155 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ КОНТЕЙНЕРІВ З ДОТРИМАННЯМ САНІТАРНИХ ВІДСТАНЕЙ

Яськов Г.М.^{1,2}, Чугай А.М.^{1,3}, Яськова Є.Г.⁴, Максимов С.В.²

chugay.andrey80@gmail.com, yaskov@ukr.net,

yelyzaveta.yaskova@student.karazin.ua, maksimovsergey08@gmail.com

¹*Інститут енергетичних систем і машин ім. А.М. Підгорного НАН України*

²*Харківський національний університет радіоелектроніки*

³*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

⁴*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

У контексті підвищення безпеки медичних об'єктів зберігання, оптимальне розміщення небезпечних контейнерів з дотриманням санітарних відстаней є надзвичайно важливим. Забезпечення зберігання токсичних, радіоактивних або інфекційних речовин відповідно до суворих санітарних норм є життєво важливим для захисту громадського здоров'я та запобігання забрудненню [1,2]. Це дослідження представляє математичну модель для вирішення задач розміщення з акцентом на дотримання технологічних та гігієнічних стандартів. Оптимальне розміщення контейнерів у зоні розгортання враховує ключові безпекові та санітарні обмеження. Задача зводиться до задачі нелінійного програмування.

Основна задача оптимізації пакування полягає в такому: розміщення заданого набору геометричних об'єктів у зоні розгортання, яке задовольняє вимоги безпеки та водночас оптимізує заданий критерій.

Ключові елементи системи є такими:

- форма та межі зони розгортання;
- геометрія об'єктів, які потрібно розмістити в цій зоні;
- технологічні та безпекові обмеження, що регулюють розміщення цих об'єктів;
- критерій оптимізації.

Зона розміщення може мати складну форму, з певними ділянками, які заборонені для розміщення контейнерів через вимоги безпеки або інші

обмежувальні фактори: $D = D_0 \setminus \text{int} \bigcup_{l=1}^{\sigma} P_l$.

Для математичного моделювання задачі межа області розміщення представлена як комбінація відрізків прямих та дуг кіл.

Кожна зона заборони (де об'єкти не можуть бути розміщені) визначається як опуклий багатокутник, заданий вершинами. У разі, коли заборонена зона є неопуклою, її можна представити як скінченну об'єднання геометричних фігур, таких як кола та опуклі багатокутники. Це дає змогу гнучкіше представляти зони обмежень довільної форми в межах області розгортання, забезпечуючи врахування всіх обмежень, пов'язаних з безпекою або іншими факторами у моделі. Як критерій оптимізації вибрано сумарна площа кругів з заданого набору.

Постановка задачі. Знайти вектор параметрів розміщення, який максимізує сумарну площу кругів із урахуванням мінімально допустимих відстаней, в межах області розгортання, забезпечуючи дотримання вимог безпеки.

Для опису обмежень розміщення використано метод ϕ -функцій [3], а для пошуку допустимих стартових розміщень застосовано евристику [4].

Таким чином, розміщення небезпечних контейнерів підвищує безпеку медичних об'єктів, захищаючи громадське здоров'я. Модель ефективно враховує стандарти, оптимізуючи розміщення контейнерів. Гнучке представлення зон заборони та обмежень та допустимі відстані дозволяють враховувати всі безпекові фактори. Практичне застосування результатів дослідження сприятиме ефективному управлінню небезпечними матеріалами.

1. Shah I.A., Mishra S.D. Artificial intelligence in advancing occupational health and safety: an encapsulation of developments. *Journal of Occupational Health*. 2024. No. 66(1). P. 1–12. doi: 10.1093/jocuh/uiad017.
2. Attrah M., Elmanadely A., Akter D., Rene E.R. A Review on Medical Waste Management: Treatment, Recycling, and Disposal Options. *Environments*. 2022. Vol. 9. doi: 10.3390/environments9110146.
3. Stoyan Y., Pankratov A., Romanova T. Cutting and packing problems for irregular objects with continuous rotations: mathematical modelling and non-linear optimization. *The Journal of the Operational Research Society*. 2016. Vol. 67(5). P. 786–800.
4. Z. Duriagina, A. Pankratov, T. Romanova, I. Litvinchev, J. Bennell, I. Lemishka and S. Maximov. Optimized Packing Titanium Alloy Powder Particles. *Computation* 2023, 11, 22. <https://doi.org/10.3390/computation11020022>

SOLUTION OF THE FACILITY LOCATION PROBLEM USING THE GENETIC ALGORITHM METHOD

Kostenko O.V., rootalex.n@gmail.com, **Kuzenkov O.O.**
Oles Honchar Dnipro National University (www.dnu.dp.ua)

With the growth of the global economy and digital technologies, logistics problems are becoming increasingly relevant. Today, logistics plays a vital role in supply chain management, focusing on the delivery of resources to consumers. One of the mathematical problems that addresses logistics planning is the Facility Location Problem (FLP), which involves determining the optimal placement of production facilities, warehouses, distribution centers, retail points, and other infrastructure elements. The goal is to select the optimal location for certain facilities to minimize transportation, maintenance, or other related costs.

Various algorithms of differing complexity are used to solve the FLP:

- exact algorithms, such as the exhaustive search method. There are also algorithms that provide an exact solution to the problem in a somewhat shorter amount of time. One of these algorithms yields a solution in a time $n^{O(\sqrt{k})}$ [2];
- approximate solution methods with an approximation ratio that does not exceed $1+\epsilon$. For an arbitrary ϵ , such an approximation is NP-hard [1];
- there is also a simple approximation with an approximation ratio of 2, known as the Farthest-point Clustering (FPC) method [3]. This method has a considerable error margin but operates in linear time;
- heuristic methods, such as the genetic algorithm (GA) method, are also used for approximate solutions to the facility location problem

Solving the FLP using exact methods is effective for small and medium-sized data volumes, as their complexity increases rapidly with the number of possible locations. Solutions to the multiple facility location problem using

exact algorithms and approximation algorithms with arbitrary precision are NP-hard, meaning that an increase in the number of facilities and dimensions makes solving it computationally impractical without using approximate or heuristic methods.

An approximate solution to the facility location problem using a genetic algorithm is considered. The program was developed that, given an initial set of consumer coordinates and a specified number of service facilities, searches for the optimal placement of these facilities. An initial set of parameters for the genetic algorithm is proposed.

The program's results are compared to the exact solution (for a small number of initial data points) and to the results given by the Farthest-point Clustering approximation method. Thus, genetic algorithms can be used as a method for solving the facility location problem when an approximate result is needed within a limited time frame. The obtained results can be used to explore and address logistics-related challenges.

References:

1. Fowler R. J., Paterson M. S., Tanimoto S. L., Optimal packing and covering in the plane are NP-complete // Information Processing Letters. 1981. vol. 12 pp.133–137
2. Hwang R. Z., Lee R. C. T., Chang R. C., The slab dividing approach to solve the Euclidean p-center problem // Algorithmica. 1993. vol. 9, no. 1 pp. 1–22
3. Guha S., Khuller S. Greedy Strikes Back: Improved Facility Location Algorithms // Journal of Algorithms. 1999 vol. 31.

ЗМІСТ

1.	Akhmetshina L.G., Yegorov A.A. IMPROVED METHOD OF AUTOMATIC FILTERING OF GRAYSCALE IMAGES	3
2.	Bakhmetiev B. S., Mykhalchuk H.Y. EXPLORING MODERN APPROACHES TO CLOUD INFRASTRUCTURE FOR WEB-BASED SAAS APPLICATIONS	5
3.	Belozorov V.Ye., Koshel Y.V. ON USE OF POWER ACTIVATION FUNCTIONS WITH A DEGREE LESS THAN 1 IN NEURAL NETWORKS	7
4.	Chukov O. CONTINUOUS DEPLOYMENT OF OTA UPDATES IN IOT SOLUTIONS	9
5.	Didkovskiy A.V., Zaitsev V.H. ANALYSIS AND RESEARCH OF D-DATABASE EEG DATA USING HURST INDICATORS AND RECURRENCE DIAGRAMS	11
6.	Dzhenkova M., Sheveleva A. OPTIMIZING FUZZY LOGIC BASED TEXT SENTIMENT ANALYSIS THROUGH MACHINE LEARNING	13
7.	Gorodetskiy V, Osadchuk M., Dubovyk V. METHOD OF IDENTIFICATION OF A DYNAMIC SYSTEM WITH UNKNOWN INPUT ACTIONS	15
8.	Guk N.A., Gerasimov E.A. FINANCIAL FORECASTING STRATEGIES: INTEGRATING DATA-DRIVEN APPROACHES AND ADVANCED MODELS	17
9.	Hart L.L., Petrov I.S. ON NUMERICAL ALGORITHMS FOR SOLVING OPTIMAL CONTROL PROBLEMS WITH FIXED ENDPOINTS	19
10.	Iskandarova-Mala A., Nakonechna T. A REFINED APPROACH TO THE EM-ALGORITHM FOR ESTIMATING MIXTURE DISTRIBUTIONS	22
11.	Kiselova O.M., Stroieva V.O., Zhuravskiy D.O. SIMULATION OF THE PROBLEM OF LOCATION OF ASSISTANCE CENTERS FOR TEMPORARILY DISPLACED PERSONS	24
12.	Kozakova N.L., Hryhorenko O., Kuzenkov O.O., Baleyko N. MATHEMATICAL MODELING OF THE PROBLEMS OF OPTIMAL DISTRIBUTION AND PLANNING IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY	26
13.	Kozakova N.L., Lupynskiy S., Kuzenkov O.O., Baleiko N. BIFURCATION ANALYSIS AND CONTROL IN NATURAL PROCESS MODELS RELATED TO DISTRIBUTION AND DISTRIBUTION	27
14.	Kozakova N.L., Shvedov V., Kuzenkov O.O., Baleyko N. ALGORITHMIC APPROACHES TO SOLVING DYNAMIC PROBLEMS OF OPTIMAL PLACEMENT AND DISTRIBUTION	28
15.	Krasnoshapka D.V., Zolotko K.E. WEB SERVICE MODELING USING CISCO PACKET TRACER	30
16.	Mahas O., Huk N. FORMATION OF THE OBSERVABLE PARAMETER SPACE IN SOLVING INVERSE PROBLEMS USING AN INVERSE NEURAL NETWORK APPROACH	32

17. Panasenko Y., Belozyorov V. ACCURACY OF EEG SPECTRAL ANALYSIS IN CLASSIFICATION OF OPEN AND CLOSED EYE STATES	34
18. Panasenko Y., Belozyorov V., Honcharova Y. INVESTIGATING THE DYNAMICS OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATES IN THE HUMAN BRAIN VIA ELECTROENCEPHALOGRAM ANALYSIS	36
19. Pankratova N., Golinko I. ARCHITECTURE OF INTELLIGENT MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM WITHIN ENTERPRISE CYBER-PHYSICAL SYSTEM	38
20. Pankratova N., Golinko I., Pankratov V. DIGITAL TWIN COMPUTER MODEL AS A REALIZATION OF INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0 CONCEPTS	40
21. Poslaiko N.I. MATHEMATICAL MODEL OF A M/M/M QUEUE SERVICE SYSTEM WITH CONTROL	42
22. Prytomanova O., Zhurava D. THE PROBLEM OF OPTIMAL PARTITIONING OF SETS WITH ARBITRARY BOUNDARY CONFIGURATION AND REAL GEOGRAPHICAL COORDINATES	44
23. Redko D.I., Redko I.V. PRIMITIVE PROGRAMMING ALGEBRA OF COMPUTABLE FUNCTIONS OVER RECORDS	45
24. Sheveleva A., Shcherbak R. ON THE MODELING OF A PRE-FRACTURE ZONES OF AN ELECTRICALLY PERMEABLE INTERFACE CRACK IN DISSIMILAR PIEZOCERAMIC	47
25. Sidorova M., Bondarenko B. VR FITNESS GAMES IN MIXED REALITY AS THE FUTURE OF EXERCISE	50
26. Stoyan Yu., Romanova T., Bennell J., Kallrath J. SMART TOOLS OF MATHEMATICAL MODELLING FOR SOME CHALLENGING GEOMETRIC DESIGN PROBLEMS	52
27. Stoian Y., Romanova T., Pankratov O., Duriagina Z., Lemishka I., Ovchynnikov O. OPTIMIZED DESIGN OF MICROSTRUCTURE OF HEAT-RESISTANT ALLOYS POWDER FOR ADDITIVE MANUFACTURING	54
28. Sushentsev N., Abrego L., Zaikin A., Barrett T., Blyuss O. DEVELOPING A DYNAMIC PREDICTIVE MODEL FOR BASELINE DETECTION AND FOLLOW-UP RE-EVALUATION OF THE RISK OF PROSTATE CANCER PROGRESSION ON ACTIVE SURVEILLANCE (PROGRESS PROSTATE)	56
29. Symonov D., Symonov Y., Zaika B. A MATHEMATICAL MODEL OF SOCIAL INTERACTION BASED ON CELLULAR AUTOMATA	57
30. Trotsenko A.G., Kuzenkov O.O. MATHEMATICAL NONLINEAR MODELS OF COMPLEXLY ORGANIZED NATURAL SYSTEMS	59
31. Tsukanova A., Durandin D. GRADIENT DESCENT METHOD FOR SOLVING LINEAR SYSTEMS	61
32. Tsukanova A.O., Dzenzel V.V. COMPUTERAL METHODS FOR CLASSICAL PROBLEMS OF LINEAR ALGEBRA	63

33.	Vovk S.M. A NEW APPROACH FOR SOLVING LINEAR INVERSE PROBLEMS BASED ON THE QUASI-EXTENT FUNCTIONAL	65
34.	Антоненко О.С., Михальчук Г. Й. ЗАДАЧІ ІНТЕРАКТИВНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ГЕОМІТОК У ГЕОГРАФІЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	67
35.	Антоненко С.В., Ізмайлова М.К. ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТЕСТІВ ІЗ ЛЕКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	69
36.	Антоненко С.В., Мойсеєнко В.М. ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ГЕНЕТИЧНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЦИКЛУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	72
37.	Балейко А.С., Михальчук Г.Й. СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ШВИДКОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ	75
38.	Білозьоров В.Є., Гук Н.А., Єгошкін Д.І. КРИПТОСИСТЕМА НА ОСНОВІ ХАОТИЧНИХ АТТРАКТОРІВ ДЛЯ ШИФРУВАННЯ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	77
39.	Білозьоров В.Є., Інкін О.А. ДВОЕТАПНА ПРОЦЕДУРА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	79
40.	Блажко М.О., Гук Н.А. НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ	80
41.	Бовкун М.Є., Тонкошкур І.С. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА МАГІСТРАЛІ	82
42.	Богомаз В.М., Богомаз О.В., Боренко М.В., Приймак М.В. ЗАДАЧА ПЛАНУВАННЯ ДОСТАВКИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ НА ДЕКІЛЬКОХ ОБ'ЄКТАХ РОБІТ	83
43.	Божуха Д.І., Байбуз О.Г. ПРО СТРУКТУРУ АРХІТЕКТУРНОГО РІШЕННЯ	85
44.	Бугайова А.І., Турчин В.М. ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЙНОГО ОСЦИЛЯТОРА ЗА ЗАЛЕЖНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	86
45.	Бухановський В.О., Рябова Н.В. ТРАНСФЕРНЕ НАВЧАННЯ ГЛИБИННИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	88
46.	Вакульчик С.О., Байбуз О.Г. ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРО МЕТОДИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ	90
47.	Верба О.В., Турчина В.А., Міголап А.В. ЗВ'ЯЗОК СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНИХ СХЕМ ПОСЛІДОВНОСТІ ВИВЧЕННЯ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТ ІЗ ЗАДАЧАМИ ТЕОРІЇ РОЗКЛАДІВ	92
48.	Вербенко Є.В., Мацуга О. М. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ СУДИН СІТКІВКИ	94
49.	Веселовська А.С., Турчина В.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДКІВ СПЕЦІАЛЬНИХ ПРОСТОЇВ У ЗАДАЧІ ДЖОНСОНА	96

50.	Волошанівський В.Р., Басюк Т.М. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЗАХИЩЕНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ГОЛОСУВАНЬ	98
51.	Гарнага Д.А., Козакова Н.Л. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	100
52.	Годлюк В.В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АЛГОРИТМІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У КОНТЕКСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ	101
53.	Горбачук В.М., Ніколенко Д.І., Ніколенко Я.Д. ОПЕРАЦІЙНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ	103
54.	Горшков Я.С., Книш Л.І. ЧАТ-БОТ ДЛЯ КЛІЄНТІВ ЦЕНТРУ ПРОКАТУ КАЯКІВ	105
55.	Гук К.Г., Шевельова А.Є. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ	106
56.	Гук Н.А. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВЕБ-САЙТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧІВ	108
57.	Гук Н.А., Мударісова Д.О. РОЗРОБКА СИСТЕМ ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ	110
58.	Гулівець М.О., Зайцев В.Г. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДАНИХ С-БАЗИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОКАЗНИКІВ ХЕРСТА ТА РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ	112
59.	Дзюба С.В., Коряшкіна Л.С. МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	114
60.	Дмитрієв О.В., Басюк Т.М. ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОГО АУКЦІОНУ-СОЦМЕРЕЖІ ДЛЯ КОЛЕКЦІОНЕРІВ	117
61.	Долотов І.О., Гук Н.А. ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ВЕБСАЙТУ	119
62.	Дробахін О.О., Олевський О.В. КОРЕКЦІЯ ОЦІНОК ЧАСТОТ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МЕТОДАМИ ПАРАМЕТРИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ	121
63.	Дробахін О.О., Чучва В.Д. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ БАГАТОЗОНДОВИХ РЕФЛЕКТОМЕТРІВ	123
64.	Дунасвський М.С. RAG АРХІТЕКТУРА СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВИХ СИСТЕМ	125
65.	Ендека М.Г., Козакова Н.Л. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОДНОНАПРЯМЛЕНОГО ШИФРУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ ТА ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ	127
66.	Єлі М.Я., Байбуз О.Г. ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО АЛГОРИТМІВ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕННЯХ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ	129

67.	Єфремов М.С., Крак Ю.В., Стеля О.Б. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НА ОСНОВІ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ	131
68.	Журавчак Ю.Ю., Шах А.К. ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОЇ АПЛІКАЦІЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ "ПРОЗОРРО"	133
69.	Жушман В.В., Зайцева Т.А. ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ ВЗАЄМОДІЇ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПЛОЩАДОК КОНТАКТУ	135
70.	Завальнюк Є.К., Романюк О.Н. АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОРЕАЛІСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	136
71.	Заторжинський К.С., Тонкошкур І.С. МОДЕЛЮВАННЯ ГЕМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ	138
72.	Захаров Д.В., Книш Л.І. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В СОНЯЧНІЙ ПАНЕЛІ В РАМКАХ ТЕОРІЇ СУЦІЛЬНОСТІ	140
73.	Земляний О.Д., Байбуз О.Г. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДІВ ДЛЯ ІМПУТУВАННЯ ПРОПУСКІВ У ДАНИХ В АРХІТЕКТУРІ SCIKIT-LEARN PYTHON	141
74.	Зновенок І.В., Шевельова А.Є. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ БІНАРИЗАЦІЇ ЦИФРОВИХ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	144
75.	Золотько К.Є., Андрєєв Д.А. ЗАПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДУ LEAN SIX SIGMA У БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ ПІДПРИЄМСТВ	146
76.	Золотько К.Є., Андрєєв Д.А. ЗАПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СУЧАСНІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСИ	148
77.	Золотько К.Є., Красношанка Д.В. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ СУЧАСНИХ КОРПОРАТИВНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	149
78.	Зрілий В.К., Волошко В.Л. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СПЕЦІАЛІЗОВАНОМУ ОСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ	151
79.	Івашко Я.Д., Мацуга О.М. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКУ ВІДМОВИ У ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЯХ	153
80.	Ільяшенко Є.В., Степанова Н.І. АНАЛІЗ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦІЇ ЛАНДШАФТУ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМІВ ЕРОЗІЇ ПОВЕРХОНЬ	155
81.	Інкін О.А., Білозьоров В.Є. ПОБУДОВА ПРЕДИКТИВНОЇ МОДЕЛІ МОЗКОВОЇ АКТИВНОСТІ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ БІГ ТА ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	157
82.	Каруна С.М., Книш Л.І. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СОНЯЧНОМУ КОЛЕКТОРІ З ПАРАБОЛОЦИЛІНДРИЧНИМ КОНЦЕНТРАТОРОМ	159
83.	Каруна С.М., Книш Л.І. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР ВСЕРЕДИНИ СФЕРИ	160

84.	Козін І.В., Алексєєв А.В. ГЕОМЕТРІЯ ТА МЕТАЕВРІСТИКИ	161
85.	Коренський Я.О., Волошко В.Л. МЕТОД МОНТЕ КАРЛО ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ СТОХАСТИЧНИХ РІВНЯНЬ	162
86.	Корж А.К., Волошко В.Л. ЗАДАЧА З ТРЬОМА КРИТЕРІЯМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА	164
87.	Корчинський В.М., Тимченко О.С. ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	166
88.	Кочержинська А.Д., Сірик С.Ф., Лисиця Н.М., Шишканова Г.А. DIGITAL PAINTING, ЯК АКТУАЛЬНИЙ НАПРЯМОК	168
89.	Крак Ю.В., Стеля О.Б., Бармак О.В., Ковальчук О.В. ОБРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ З ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ: РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	169
90.	Кузнецов В.О., Крак Ю.В., Куляс А.І., Кудін Г.І. ДО РОЗРОБКИ ДОВІРЧИХ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ЗНАНЬ ІЗ ПІДСИЛЕННЯМ КОМУНІКАЦІЇ	172
91.	Кузьменко В.І. МЕТОДИ УМОВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ У МОДЕЛЯХ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ	174
92.	Курапов С.В., Давидовський М.В. ЗАДАЧА ІЗОМОРФІЗМУ ГРАФІВ	175
93.	Курисько Є.В., Зайцев В.Г. АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ МЕТОДУ SINDY У ВІДНОВЛЕННІ ПАРАМЕТРІВ ХАОТИЧНОЇ СИСТЕМИ	177
94.	Кушнір О.С. КОРПОРАТИВНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА РИНКУ ІНТЕРНЕТ-РЕКЛАМИ	179
95.	Лашко Є.Л., Антоненко С.В. БЕЗПЕКА СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ ВЕБДОДАТКІВ: СТРАТЕГІЇ, GUARDS, JWT, PASSPORT.JS ТА REDIS	181
96.	Ленський М.М., Михальчук Г.Й. ТОЧНИЙ ПАРАЛЕЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ОБМЕЖЕННЯМИ НА ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ	183
97.	Ліщинська Л.Б., Пилипенко Д.Ю., Коваленко О.О. ЯКІСТЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	185
98.	Ліщинська Л.Б., Роботько Д.О., Коваленко О.О. УПРАВЛІННЯ ЗНАННЯМИ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ	187
99.	Ліщинська Л.Б., Сторожук Ю.В., Коваленко О.О. АНАЛІТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ MICROSOFT AZURE	189
100.	Логвин Д.А., Божуха Л.М. РОЗГОРТАННЯ НЕЙРОННИХ МОДЕЛЕЙ НА МОБІЛЬНИХ ПРІСТРОЯХ В ОФЛАЙН-РЕЖИМІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ WEBVIEW	191
101.	Мажара К.О., Трофімов О.В. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА СКІНЧЕНИХ РІЗНИЦЬ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ПРОГИНУ ПЛАСТИНИ	193

102. Макаров О.І., Тонкошкур І.С. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛІВКОВИХ ТЕЧІЙ В'ЯЗКОЇ РІДИНИ ПО КОНІЧНІЙ ПОВЕРХНІ	195
103. Манюк С.В., Антоненко С.В., Мацуга О.М. СТВОРЕННЯ DESIGN BRIEF ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ З ВИВЧЕННЯ КЛАСИЧНОЇ МУЗИКИ ТА АНАЛІЗ ДИЗАЙНУ ЇГО КОНКУРЕНТІВ	196
104. Махно В.М. АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ	198
105. Мелашенко О.П., Романова Т.Є., Мартінес-Гомес К. Г. ОПУКЛА ОБОЛОНКА ДЛЯ М'ЯКИХ ПОЛІГОНАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	199
106. Мироненко Є.О., Сафронова І.А. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИЛЬФОНУ, ЯК ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ	201
107. Мороз В.В., Кулик Д.В. МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗВУКОВИХ ОБРАЗІВ	203
108. Морозов Ю.С., Зайцева Т.А. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ DIGITAL TWIN ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ	204
109. Москаленко С.К., Білозьоров В.Є. ШИФРУВАННЯ ЗВУКОВИХ ХВИЛЬ МЕТОДОМ ПЕРЕМІШУВАННЯ ЇХ ІЗ ТРАЕКТОРІЄЮ ХАОТИЧНОГО АТРАКТОРА	206
110. Наконечна Т.В. ПРО ОДИН ІЗ СПОСОБІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ТРАЄКТОРІЙ	208
111. Наріжна Т.О., Наконечна Т.В. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АДАПТИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТЕСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ ЛЕКЦІЙНОГО КОНТЕНТУ	210
112. Нечитайлов В.О., Сидорова М.Г. ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ	212
113. Овсієнко В.О., Степанова Н.І. МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ІТ-ГАЛУЗІ ЗА РЕГІОНАМИ УКРАЇНИ	214
114. Овсов М.В., Верба О.В. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ	216
115. Орлов С.К., Наконечна Т.В. ЗАДАЧА ПОДАЧІ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ІННОВАЦІЙНОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО ПРИНТЕРА ТИПА FUGO	217
116. Павлюк Д.І., Байбуз О.Г. РЕСУРСИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ НАВЧАННЯ З УЧИТЕЛЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СУСПІЛЬНИХ НАСТРОЇВ	219
117. Пасічник А.М., Нежумиря Д.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМАТИЧНОГО РОТАЦІЙНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА	221
118. Пасічник А.М., Ріпа М.Ю. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА РІВЕНЬ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ	223

119. Пасічник А.М., Циба В.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВОГО ТЕРТЯ СНАРЯДА НА ДАЛЬНІСТЬ ПОЛЬОТУ ТА БОКОВОВЕ ВІДХИЛЕННЯ	225
120. Патіка Д.С., Дзюба П.А. ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА ФОНДОВИХ РИНКАХ	227
121. Перемітько М.В., Надригайло Т.Ж. НОВА АРХІТЕКТУРА ФРЕЙМВОРКА REACT NATIVE	228
122. Піліпас М.С., Наконечна Т.В. ПОБУДОВА СИНХРОННОЇ БУЛЕВОЇ МОДЕЛІ ГЕННОЇ МЕРЕЖІ	230
123. Полонська А.Є. ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	232
124. Полонська А.Є. ЗАСТОСУВАННЯ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	234
125. Прус Б.В., Ракитянська Г.Б. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АГРЕГАЦІЇ МЕДІА КОНТЕНТУ	235
126. Прус О.В., Майданюк В.П. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ПОБУДОВІ ІНТЕРАКТИВНИХ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ У БАГАТОПРОЄКТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	237
127. Прусан І.К., Хижа О.Л., Сірик С.Ф., Зайцева Т.А. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ КОРИСТУВАЧІВ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ	239
128. Радевич Д.О., Білозьоров В.Є. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНОЇ ЕПІДЕМІЇ З ІНКУБАЦІЙНИМ ПЕРІОДОМ	240
129. Рибачок Д.О. МЕРЕЖЕВІ СТРУКТУРИ В КОМП'ЮТЕРНИХ НАУКАХ ТА ЕКОНОМІЦІ	242
130. Ріпка Є.В., Верба О.В., Сафронова І.А. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ З ВИБІРКОВИХ ДИСЦИПЛІН	244
131. Рябоволенко В.А., Байбуз О.Г. БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	246
132. Семенов В.В., Коваленко О.Ю., Чергикало Д.О. НОВІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ВАРІАЦІЙНИХ НЕРІВНОСТЕЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	248
133. Сизоненко Р.М., Мацуга О.М. БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ: КЛАСИФІКАЦІЯ, ВПЛИВ НА РІЗНІ ГАЛУЗІ ТА МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	249
134. Сімакін С.К., Божуха Л.М. ПРО ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРВЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	251
135. Складанюк О.О., Майданюк В.П. АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕДАГУВАННЯ ВІДЕОГОР	253

136. Смуk І.Р., Басюк Т.М. ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРАКТИКУВАННЯ РОЗМОВНИХ ЗДІБНОСТЕЙ З АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ІЗ ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	255
137. Соломатін В.А., Байбуз О.Г. ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ	257
138. Стецюк П.І., Семикопна Т.В., Стецюк М.Г. ОПТИМІЗАЦІЙНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА КОРЕГУВАННЯ ПАЦІЄНТОЦЕНТРИЧНИХ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ПРОГРАМ	258
139. Стовба В.О. ДВОЕТАПНА ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА З ОБМЕЖЕННЯМИ НА ПОТРЕБИ СПОЖИВАЧІВ ТА ПРОПУСКНІ СПРОМОЖНОСТІ ПРОМІЖНИХ ПУНКТІВ	268
140. Стружко В.Р., Антоненко С.В. ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ СТЕГАНОГРАФІЇ У ЗОБРАЖЕННЯХ ТА ЗВУКОВИХ СИГНАЛАХ	272
141. Сулейманов Є.С., Байбуз О.Г. МЕТОДИ ЦИФРОВОГО КОДУВАННЯ МУЗИЧНОЇ НОТАЦІЇ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	274
142. Тарабанов О.С., Козакова Н.Л. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ ФІНАНСОВИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ	276
143. Тиводар С.Р., Хом'як О.М. ПРО ПРИСКОРЕНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОЇ УПАКОВКИ НЕРІВНИХ КРУГІВ	277
144. Тітяпкин А.С., Зайченко М.Д., Тітяпкин С.С. ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ТЕОРЕМИ ПРО СЕРЕДНЄ ДЛЯ ОЦІНКИ МЕЖИ ПОШИРЕННЯ ШЕЛЬФОВИХ ВОД	279
145. Фабрикатор М.О., Яганов П.О. ЗГОРТКОВА НЕЙРОМЕРЕЖА ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗВУКІВ	281
146. Фунтиков М.К., Мацуга О.М. РОЗРОБЛЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У МЕДИЧНИХ НАБОРАХ ДАНИХ	283
147. Хімченко Г.О., Козакова Н.Л. ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ БІОЛОГІЇ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЗАДАЧ	284
148. Чугай А.М., Шеховцов С.Б., Яськов Г.М., Щербина М.О. ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЙНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ	286
149. Шапошников О.В., Трофімов О. В. ЗАСТОСУВАННЯ LLM МОДЕЛІ GEMINI ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ СТУДЕНТСЬКИХ РОБІТ	288
150. Шатохін М.А., Трофімов О.В. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЖИТТЄВОЇ ЦІННОСТІ КОРИСТУВАЧА У ПІДПИСОЧНИХ СИСТЕМАХ МОНЕТИЗАЦІЇ СТАРТАПІВ	290
151. Шляхов Є.О. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМАЦІЇ СКЛАДНИХ СТРУКТУР	292

152. Шолін К.С. МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ПОСТАЧАВАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ	293
153. Щербак П.В., Турчина В.А. УЗАГАЛЬНЕННЯ ГРАФІЧНОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОЗИЦІЙНИХ ІГОР	295
154. Щочка А.А., Золотько К.Є. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ	297
155. Юдін А.О., Сафронова І.А. РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ СЕРЕДИННОЇ ПОВЕРХНІ ОБОЛОНКИ ОБЕРТАННЯ З ВЕЛИКИМИ ПРОГИНАМИ	299
156. Юцов О.С., Шевельова А.Є. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СТЕГАНОГРФІЇ НА ОСНОВІ DST В JPEG ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ	301
157. Яськов Г.М., Чугай А.М., Яськова Є.Г., Максимов С.В. ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ КОНТЕЙНЕРІВ З ДОТРИМАННЯМ САНІТАРНИХ ВІДСТАНЕЙ	303
158. Kostenko O.V., Kuzenkov O.O. SOLUTION OF THE FACILITY LOCATION PROBLEM USING THE GENETIC ALGORITHM METHOD	305

Підп. до друку 12.11.2024 р. Формат 60x84/16. Друк цифровий.
Папір офсетний. Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 19,75.
Наклад 100 прим. Зам. № 181

ПП «Ліра ЛТД»
49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 6042 від 26.02.2018 р.