

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ  
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF  
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

---

*Бантюков С.Є., доцент*  
*Бантюкова С.О., доцент*  
 Український державний університет  
 залізничного транспорту

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАТОРОМ ДІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Забезпечення безпеки є найважливішою і водночас найскладнішою складовою процесу залізничних перевезень. Велика кількість людей, об'єктів техніки, зовнішнє середовище та зовнішні випадкові впливи – «обурення», що беруть участь у процесі перевезень, не тільки реалізують процес перевезень, а й впливають на нього в різних напрямках, чим створюють умови, за яких за тими або іншими причинами виникає можливість порушення безпеки перевезень.

Залізниця, що включає всі три види елементів плюс зовнішні випадкові «обурення», уявляє систему «людина-техніка-середовище-обурення».

Як вказувалося вище, на надійність системи «людина-техніка-середовище-збурювання» впливають чотири фактори: надійність людини-оператора (імовірність, що оператор системи не допустить помилок), надійність техніки (імовірність безвідмовної роботи техніки), несприятливі впливи зовнішнього середовища та зовнішні заздальгід не передбачені впливи. Складова «людина-оператор» має більшу вагу, оскільки за статистикою найбільша кількість аварій відбувається з вини людини. Дослідження показують, що при одноразовому резервуванні технічних пристроїв кваліфікованим оператором надійність системи виявляється вище, ніж при використанні чотириразового технічного резервування [1].

З іншого боку, відсутність в оператора належної підготовки може звести до нуля навіть найвищий рівень надійності технічних пристроїв. Ця обставина, а також складна структура систем і комплексів, небезпека виконуваних дій, втрата працездатності оператора вимагають періодичного контролю готовності операторів до виконання поставлених задач. Для об'єктивної оцінки поточного стану готовності операторів до виконання дій технологічних процесів, попередження виникнення аварій і позаштатних ситуацій внаслідок невірних або несвоєчасних дій людини необхідні способи та засоби оцінки надійності роботи оператора.

Відомо, що надійність оператора в роботі характеризується такими показниками як безпомилковість, своєчасність, готовність та відновлюваність. А отже, для розрахунку надійності

виконання оператором дії технологічного процесу треба використовувати ці чотири показники.

Виявляється, якщо проводити тестування оператора перед початком роботи, то підвищується надійність виконання оператором дії технологічного процесу [2].

Так, надійність виконання оператором дії технологічного процесу у заданий час  $\tau$   $P^{real}$  за даними його реальної роботи може бути визначена в такий спосіб

$$P^{real} = \sqrt{\frac{P_{bn}^{real^2} + P_{sc}^{real^2} + P_{zm}^{real^2} + P_{vid}^{real^2}}{4}},$$

де  $P_{bn}^{real}$  – імовірність безпомилкового виконання оператором дії технологічного процесу;

$P_{sc}^{real}$  – імовірність своєчасного виконання оператором дії технологічного процесу;

$P_{zm}^{real}$  – імовірність включення оператора в роботу в будь-який момент часу;

$P_{vid}^{real}$  – імовірність виправлення помилки оператором.

Надійність виконання оператором дії за даними, отриманим при тестуванні

$$P^{mcm} = \sqrt{\frac{P_{bn}^{mcm^2} + P_{sc}^{mcm^2} + P_{zm}^{mcm^2} + P_{vid}^{mcm^2}}{4}},$$

де  $P_{bn}^{mcm}$  – імовірність безпомилкового виконання оператором дії при тестуванні;

$P_{sc}^{mcm}$  – імовірність своєчасного виконання оператором дії при тестуванні;

$P_{zm}^{mcm}$  – імовірність включення оператора в роботу в будь-який момент часу при тестуванні;

$P_{vid}^{mcm}$  – імовірність виправлення помилки оператором при тестуванні.

Загальна надійність  $P$  виконання оператором дії технологічного процесу за час  $\tau$  з врахуванням того, що оцінки надійності виконання оператором дії технологічного процесу, що отримані

за результатами реальної роботи та за результатами тестування, незалежні і рівнозначні

$$P = \frac{P^{реал} + P^{тст}}{2}.$$

При розрахунку відповідних значень  $P^{реал}$  та  $P^{тст}$  на основі відповідних значень імовірностей безпомилкового виконання оператором дії технологічного процесу, імовірностей своєчасного виконання оператором дії технологічного процесу, коефіцієнтів готовності виявилось, що надійність виконання оператором дії технологічного процесу при проведенні тестування оператора вище на 4%, ніж надійність оператора працюючого тільки в реальних умовах.

#### Список використаних джерел

1. Мунипов, В. М. Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды [Текст] : учебник / В. М. Мунипов, В. Л. Зинченко. – М. : Логос, 2001. – 356 с.
2. Бантюкова, С. О. Підвищення ефективності експлуатації сортувальних гірок з урахуванням безпеки їх використання : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту [Текст] / С. О. Бантюкова. – Харків : УкрДАЗТ, 2014. – 135 с.

УДК 656.072.2

*Butko T., Dr. Sc. (Tech.), professor,  
Yashchuk Yu., post graduate  
Ukrainian State University of Railway  
Transport (Kharkiv)*

#### DETECTING ANOMALIES AND ADAPTING RAILWAY NETWORK MODELS DURING WARTIME

In the context of the ongoing armed conflict in Ukraine, railway transport has become one of the key elements of the national transport infrastructure. Evacuation of the population, movement of humanitarian aid, and strategic cargo largely depend on it. Massive and prolonged disruptions caused by both direct hostilities and infrastructure damage significantly affect the efficiency of railway transportation. War leads to unpredictable changes in routes, demand, and availability of railway services, making the management of transport flows an extremely challenging task. The relevance of detecting anomalies and adapting network models under such conditions is increasing

exponentially, as each failure or malfunction can have critical consequences for passenger safety and the overall stability of the transport system.

Under such conditions, passenger travel network models become vulnerable to significant changes in demand structure, making it relevant to study the impact of disruptions on passenger behaviour and overall transport system efficiency. This requires a revision of network demand models, which may become irrelevant if they are based on old data and do not take into account changes in demand and new passenger priorities. In addition, the need to consider the risks of disruptions and their impact on the network comes to the fore [1].

War forces the constant adaptation of the transport system to new conditions. Due to unpredictable changes in demand and routes, rail transport faces numerous challenges that require rapid adaptation of network models. Adaptation strategies may include dynamic model updates based on new data, as well as the development of scenarios for real-time decision-making. The conditions of unpredictable changes in demand caused by massive and prolonged disruptions require operational adaptation of network models. The importance of dynamic updating of forecasting systems is increasing in conditions where data quickly lose relevance. One of the key approaches to adaptation is incremental learning [2], which allows for the gradual retraining of models without the need for their complete retraining. This methodology allows models to remain relevant as new data become available. The use of a sliding window for modelling allows adaptation to the latest changes in passenger behaviour by limiting the analysis to only the most recent data. Another effective approach is the application of models that combine several forecasting models to increase resilience to changes in demand. In addition, the automation of the update process reduces the time and human resources required to maintain models in an up-to-date state. The challenges associated with dynamic updating include the need to ensure data quality, speed of data processing, and selection of the optimal model. The prospects for the development of such approaches include the introduction of deep learning to process large amounts of data and identify complex dependencies, as well as the creation of intelligent systems that can independently adapt to changing environments. Integration of forecasting systems with traffic management systems and other transport systems can significantly improve management quality in cases of prolonged interruptions.

However, in addition to adaptation, it is important to detect potential anomalies in transport flows that may indicate new threats or problems in the infrastructure. Anomalies in rail passenger travel network, especially during mass disruptions, may indicate hidden problems or unforeseen situations that require immediate intervention. Anomaly detection methods allow for the

rapid identification of unusual changes in passenger flow, routes, or passenger behaviour. The main methods for detecting anomalies include statistical methods, machine learning, time series analysis, and geospatial analysis. These approaches allow for the detection of sudden changes in passenger flow, unusual travel routes, or significant train delays. For example, a sharp increase or decrease in the number of passengers may be the result of accidents or natural disasters, while unusual travel routes may indicate infrastructure problems or changes in passenger behaviour. Key aspects of anomaly detection include defining a baseline level of normal system operation and selecting appropriate metrics for analysis. The use of visualisation can help better understand the nature of anomalies and their causes. Integrating data from various sources, such as meteorological data or social networks, can improve the accuracy and speed of response to unexpected situations.

Therefore, massive and prolonged disruptions have a significant impact on the models of the railway passenger travel networks, which require rapid adaptation of forecasting systems. The use of dynamic model updates and modern anomaly detection methods is a key element in minimising the negative consequences of prolonged disruptions and ensuring the stable operation of the railway transport system.

[1] Butko T., Yashchuk Yu. Enhancing passenger rail transportation efficiency through integrated intermodal hubs and risk management technologies. *Матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ»* – Харків: ДБТУ, 2024. – С. 7-8

[2] Nallaperuma, Dinithi, et al. Online incremental machine learning platform for big data-driven smart traffic management. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 20.12 (2019): 4679-4690.

**UDK 621.39:656.2**

**Kharchenko I.V.**, PhD student  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv  
**Lysechko V.P.**, Sc.D. Professor  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv

#### **METHOD FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF QUASI-ORTHOGONAL ACCESS AT SUBCARRIER FREQUENCIES**

This paper explores the method of quasi-orthogonal access at subcarrier frequencies (QOFDM), which enhances the efficient use of frequency resources in railway transport systems. The proposed method is

based on individual subcarrier frequency allocation for each frequency plan, thereby reducing multiple access interference and enhancing system capacity.

The methodology includes an algorithm for forming ensembles of complex signals using various subcarrier frequency allocation schemes. The spacing between subcarrier frequencies is determined based on the spectrum width and the number of subcarriers in each channel. This approach minimizes overlapping frequency positions between different channels, thus mitigating internal system interference.

The implemented methodology allows for precise evaluation of the amplitude and phase of any combination of components at the output of a non-linear system, modeled through a Taylor series expansion. The impact of interference is assessed based on the analysis of cross-correlation between frequency plans, which helps identify the most vulnerable frequency positions for minimizing interference.

In this study, four distinct frequency plans were simulated, each with a different number of subcarriers and spacing. The analysis demonstrated that even with a significant increase in the number of subcarriers, the level of interference remained within acceptable limits, confirming the effectiveness of the proposed approach.

A field experiment involved transmitting pilot signals between two transmitters with different frequency plans and analyzing signal reception under conditions of internal system interference. The results confirmed that the quasi-orthogonal access method significantly reduces the number of overlapping frequency positions, improving communication quality when multiple users operate simultaneously.

This method can effectively optimize the operation of railway transport control systems, especially in scenarios with many simultaneously operating transmitters.

#### References:

1. Mitola, J. III, "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal," *IEEE Pers. Commun.*, vol. 6, no. 4, Aug. 1999, pp. 13-185 .

2. Svergunova, Yu.O., "Method for determining the coincidence of subcarrier frequency positions with quasi-orthogonal access at subcarrier frequencies," *Information-Control Systems on Railway Transport*, Kharkiv: UkrDUZT, 2015 .

3. Haykin, S., "Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications," *IEEE J. Areas Commun.*, vol. 23, no. 2, Feb. 2005, pp. 201-220 .

UDK 51-74

V. Lazariiev (NURE)

O. Lazariieva (V.N. Karazin KhNU)

**SELECTION OF TECHNICAL MEANS OF COMPUTER VISION ACCORDING TO THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**

The problem of real-time image recognition has great relevance and significance in various fields, providing fast and accurate recognition of objects in images, which is of great importance for further analysis and decision-making.

Calculation data:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Selection criteria:   | Decision options:    |
| - Type of connection; | - Brio Ultra HD Pro; |
| - Resolution;         | -Depth Camera D435;  |
| - Frames/sec;         | - Camera Module v1;  |
| - Megapixels;         | - Camera Module v2;  |
| - Viewing angle;      | - Camera Module 3;   |
| - Price.              | -Waveshare IMX219-   |

77.

To determine the optimal type of camera among 6 options according to the specified criteria, the analytic hierarchy process applied. The hierarchical structure

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/7 \\ 5 & 1 & 3 & 6 & 3 & 1/6 \\ 5 & 1/3 & 1 & 6 & 5 & 1/7 \\ 3 & 1/6 & 1/6 & 1 & 1 & 1/7 \\ 3 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 & 1/5 \\ 7 & 6 & 7 & 7 & 5 & 1 \end{pmatrix}$$

Microsoft Excel spreadsheet processor was used to compare objects according to each of the criteria. The global priority for each type of camera is calculated according to the formula:

$$A = \sum_{i=1}^n k_i w_i,$$

where  $k_i$  is the criterion priority vector;

$w_i$  is the priority vector of the object according to each criterion.

The calculation results are summarized in Table 1.

Table 1 – Global priorities

Camera name	Global priority
Raspberry Pi v1	0,1725
Raspberry Pi v3	0,2641
Waveshare	0,3137
Raspberry Pi v2	0,2469

depicted in Figure 1 includes the objective, criteria, and alternatives.

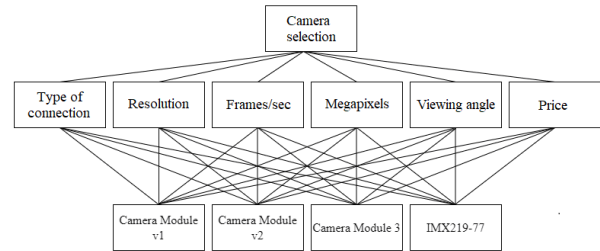


Fig. 1 – Hierarchical structure

According to Saati's scale of relative importance [1], priorities were determined and a matrix was formed, where the relative importance of parameters  $a_{ij}$  characterizing the weight of judgments is compared in

$$\text{pairs } \frac{\omega_i}{\omega_j} = a_{ij}.$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/7 \\ 5 & 1 & 3 & 6 & 3 & 1/6 \\ 5 & 1/3 & 1 & 6 & 5 & 1/7 \\ 3 & 1/6 & 1/6 & 1 & 1 & 1/7 \\ 3 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1 & 1/5 \\ 7 & 6 & 7 & 7 & 5 & 1 \end{pmatrix}$$

According to the results of calculations using the analytic hierarchy process, the optimal type of camera for the computer vision system was determined.

References

1. Saaty T.L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy /network process, 2008.

УДК 004.8+628.9

*Tetyana Petrenko, PhD, Associate Professor  
Kseniia Pavlusenko, PhD student  
Ukrainian State University  
of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine*

**EMBEDDED SYSTEM DESIGN TECHNOLOGIES FOR AI-DRIVEN SMART LIGHTING**

The rapid advancement of energy-efficient technologies, automation, and artificial intelligence (AI) is transforming various industries, including the development of intelligent lighting systems. These innovations are driven by the need to enhance energy efficiency, lower costs, improve user comfort, and implement automated, adaptable solutions across different environments. These systems are integral to a wide range of applications, from residential homes to commercial spaces and even public infrastructure like street lighting.

In connection with the growing demand for energy saving, the development of intelligent lighting systems is encouraged. These systems include components such as light sources, lamps, sensors, control units and connection elements. The development process involves several key stages. In the first stage, the embedded level, the lighting mechanism is developed, which typically consists of an LED chip mounted on a printed circuit board. This board contains the electrical and mechanical connections and is the backbone of the smart lighting system. The second layer integrates luminaires and other lighting systems to provide functional lighting solutions for a variety of applications, including human-centric lighting. The third level provides energy management, through which control of energy use, optimization of natural lighting and the possibility of remote control are achieved. Finally, the fourth layer adds connectivity by introducing automation features such as remote control, presence detection and lighting optimization [1].

Standardized communication protocols are used to ensure communication between the various components, which are listed below. The Digital Addressable Lighting Interface (DALI) protocol is used for building automation. Digital Load-Side Transmission (DLT) protocol designed only for lighting control. The digital multiplexing (DMX) protocol is used in entertainment applications and stage lighting. The Digital Serial Interface (DSI) protocol provides easy control of up to 100 devices per controller with minimal programming [1].

Intelligent lighting systems controlled by AI are able to adapt to user behavior, schedules and preferences, creating a more personalized and adaptive environment. For example, AI systems automatically dim or turn off lights when there are no people in the room, adjust brightness according to the time of day, which leads to energy savings. Despite these advantages, there are still some challenges, including privacy and implementation costs. AI-based systems require constant data collection to personalize lighting settings, which raises concerns about data security and user privacy. In addition, the initial setup and infrastructure investment may be prohibitive for some users [2].

Smart lighting technologies are advancing alongside the rise of smart homes and the demand for

automated systems that enhance comfort and security. For example, virtual assistants like Google Assistant Gemini integrate with smart lighting, enabling voice control for tasks such as adjusting lights and accessing information. Security is also improved through algorithms like FaceNet, which enable facial recognition. Users can control these systems remotely via smartphone apps, allowing for easy monitoring and alerts about potential threats, all over Wi-Fi [3].

However, as these systems become more sophisticated, they also become more complex, and this creates major problems for their design, development and testing. The complexity of optimizing these systems, especially given the large number of components and interactions, is NP-hard, meaning that traditional algorithms are often ineffective at solving these problems in a reasonable timeframe. This is where Machine Learning (ML) can play a crucial role. Using large data sets and predictive models, ML algorithms can more effectively optimize the design and performance of embedded systems. For example, ML can be used to improve system modeling, high-level synthesis, and microarchitecture design. In addition, machine learning methods can significantly reduce the time and effort required for verification and validation, which are traditionally resource-intensive tasks. Although ML has shown great promise, it is still in the early stages of application in high-level embedded system development, and further research is needed to fully realize its potential [4].

The integration of AI into smart lighting systems opens up new possibilities for improving human-centered lighting that improves the well-being of users by simulating natural light. This approach has a positive effect on circadian rhythms, alertness, mood and general health through the use of adjustable white light and advanced light control systems that regulate the color spectrum, intensity and time of exposure according to natural biological rhythms [1]. Combining AI optimization with human-centric lighting can create adaptive environments that meet individual preferences and healthcare needs.

In summary, AI-driven smart lighting systems have great potential to improve energy efficiency, comfort, and automation, but challenges like privacy, security, and technology integration must be addressed for broader adoption.

#### References

- 1) Smart Lighting Systems for Various Applications. URL: <https://www.patent-art.com/knowledge-center/smart-lighting-systems-for-various-applications/> (Date of access: 01.10.2024).
- 2) Revolutionizing Illumination: The Future of AI-Driven Smart Lighting.



URL: <https://www.directtradesupplies.co.uk/blog/revolutionizing-illumination-the-future-of-ai-driven-smart-lighting/#:~:text=AI-driven%20lighting%20systems%20can,for%20a%20serene%20bedtime%20ambiance> (Date of access: 01.10.2024).

- 3) Nguyen N., Huong P. Design and Implementation of a AI-Powered Smart home system.

URL: <https://www.researchinventy.com/papers/v13i6/M13068895.pdf> (Date of access: 01.10.2024).

- 4) Alcorta E. et al. Special Session: Machine Learning for Embedded System Design. URL: <https://www.csl.cornell.edu/~zhiruz/pdfs/ml4embedded-invited-esweek2023.pdf> (Date of access: 01.10.2024).

УДК 004.8+551.58

*Tetyana Petrenko, PhD, Associate Professor*  
*Anton Zadorozhnyi, PhD student*  
 Ukrainian State University of Railway  
 Transport, Kharkiv

## CLIMATE FORECASTING SYSTEM DISTRIBUTED ARCHITECTURE

Climate forecasting has received considerable attention due to its critical importance for decision-making in areas such as agriculture, natural resource management, and disaster preparedness. In recent years, the use of distributed architectures for Internet of Things (IoT)-based climate forecasting systems has emerged as an effective approach to provide scalable and resilient solutions. This thesis provides an overview of distributed architectures as applied to climate forecasting systems and explores how these systems can improve climate forecasting skills while overcoming key challenges of scalability, heterogeneity, and data security.

With the growing impact of climate change, there is an increasing demand for accurate climate forecasting systems. Recent advancements in distributed systems, combined with the rise of the IoT, have paved the way for advanced architectures capable of effectively predicting climatic events. IoT-based systems enable the collection of large volumes of environmental data, but they require distributed and scalable approaches to manage the heterogeneity and complexity of the data.

Distributed generation [1] is gaining attention for its role in supporting climate resilience through decentralized systems. This distributed approach aligns well with climate forecasting needs, as it enhances the

reliability of data collection across different geographical areas.

Distributed systems [2] integrated with emerging technologies like Artificial Intelligence (AI), are crucial for improving the accuracy of climate forecasting models. Such distributed architectures provide scalability, adaptability, and robustness, which are essential for addressing the growing challenges posed by climate change.

Recent research has highlighted the use of distributed architectures that incorporate both IoT devices and distributed computing paradigms such as Fog and Peer-to-Peer (P2P) networks to create effective climate forecasting systems. The article [3] proposes a hybrid and distributed architecture based on CoAP that combines fog computing with P2P overlay networks to facilitate the seamless integration of smart objects. Such systems make climate data readily available for real-time forecasting while ensuring efficient use of resources. In addition, distributed architectures [4] address key issues related to heterogeneity, scalability, and interoperability using a multi-tiered model. This model provides different levels of abstraction, simplifying data management and integration of new IoT devices.

Integrating AI models with traditional forecasting systems is another way to improve climate forecasts. Hybrid methods of hydroclimatic forecasting combine data-driven AI models with physical models to achieve more accurate predictions of climate events [5]. This integration allows for improved forecasting skills by taking advantage of machine learning, which can cope with the inherent errors of numerical models and learn efficiently from large data sets. In addition, the combination of AI and climate models allows forecasts to be made over a wide range of time scales, from short-term weather forecasts to long-term climate forecasts.

The introduction of distributed IoT systems raises several security concerns due to their large-scale deployment and potential vulnerability to cyberattacks. The article [6] addresses this problem by proposing a blockchain-based architecture that provides a secure and scalable IoT network. Blockchain combined with AI improves the reliability of climate forecasting systems by adding layers of data integrity and security, which is crucial given the sensitivity of the data being processed. Anomaly detection based on machine learning at the gateway level further protects against malicious activity, providing a solid foundation for a secure climate forecasting system.

The development of distributed climate forecasting systems involves a few challenges, such as the integration of diverse data sources, the need for secure communication protocols, and the high computational requirements for processing complex models. However, the opportunities are significant. By using a distributed architecture, the system can achieve high scalability and

fault tolerance, allowing for real-time climate forecasts over large geographical areas. Furthermore, the development of exascale computing [7] and advances in artificial intelligence offer enormous potential to overcome current limitations in climate forecasting capabilities, making distributed systems a critical component of future climate forecasting solutions.

Distributed architectures represent a promising approach to addressing the challenges associated with climate forecasting. By integrating IoT devices, Fog computing, blockchain, and AI models, it is possible to create a scalable, secure, and efficient climate prediction system that meets the growing demand for timely and accurate forecasts. Future work should focus on overcoming existing limitations related to interoperability, security, and computational requirements to unlock the full potential of these advanced distributed systems in climate forecasting.

#### References

- 1) Cox S. et al. Distributed generation to support development-focused climate action. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66597.pdf> (Last accessed: 01.10.2024)
- 2) World Meteorological Organization. Future of weather and climate forecasting. URL: [https://alliancehydromet.org/wp-content/uploads/2021/07/1263\\_WMO\\_Open\\_Consultative\\_Platform\\_White\\_Paper\\_en.pdf](https://alliancehydromet.org/wp-content/uploads/2021/07/1263_WMO_Open_Consultative_Platform_White_Paper_en.pdf) (Last accessed: 01.10.2024)
- 3) Achir M., Abdelli A., Mokdad Meriem L. et al. Distributed architecture for resource description and discovery in the IoT. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.10973> (Last accessed: 01.10.2024)
- 4) Sarkar C. et al. A scalable distributed architecture towards unifying IoT applications. URL: [https://www.researchgate.net/publication/269309218\\_A\\_scalable\\_distributed\\_architecture\\_towards\\_unifying\\_IoT\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/269309218_A_scalable_distributed_architecture_towards_unifying_IoT_applications) (Last accessed: 01.10.2024)
- 5) Slater L. et al. Hybrid forecasting: blending climate predictions with AI models. URL: <https://hess.copernicus.org/articles/27/1865/2023/hess-27-1865-2023.pdf> (Last accessed: 02.10.2024)
- 6) Dhieb N. et al. Scalable and Secure Architecture for Distributed IoT Systems. URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.02456> (Last accessed: 01.10.2024)
- 7) Govett M. et al. Exascale Computing and Data Handling: Challenges and Opportunities for Weather and Climate Prediction. URL: <https://journals.ametsoc.org/downloadpdf/view/journals/bams/aop/BAMS-D-23->

0220.1/BAMS-D-23-0220.1.pdf (Last accessed: 01.10.2024)

#### УДК 656.2

**д.т.н., професор, А.В. Прохорченко**  
**аспірант, Д.Р. Харченко**  
*Український державний університет*  
*залізничного транспорту (м. Харків)*

### ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ПРІОРИТЕЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДОПОТОКІВ

Зростання обсягів вантажних і пасажирських перевезень створює значний тиск на залізничну інфраструктуру України. Особливо гостро дана проблема виникла під час широкомасштабного російського вторгнення в Україну – залізнична інфраструктура піддається руйнівним ракетним ударам, що створює так звані “вузькі місця” в мережі – залізничні дільниці, які мають дефіцит пропускної спроможності та стають перевантаженими. Перевантаження дільниць призводить до затримок, зниження ефективності та підвищення експлуатаційних витрат. В умовах обмежених ресурсів та неможливості швидкого розширення інфраструктури актуальним стає питання оптимізації руху поїздів на залізничній мережі України шляхом пріоритезації поїздопотоків. Додаткової актуальності завдання встановлення пріоритетів руху поїздів набуває в умовах лібералізації ринку залізничних перевезень, де важливим є вірно розподілити обмежену пропускну спроможність між декількома перевізниками.

Планування руху поїздів на перевантажених дільницях мережі здійснюється шляхом встановлення певного механізму визначення порядку проходження поїздів через дільницю на основі пріоритезації. Створення ефективного механізму управління залізничним рухом на основі його пріоритезації є досить складним питанням, так як в умовах функціонування залізничного ринку за принципом відкритого доступу (англ. open access) він повинен забезпечувати вирішення міжпоїзних конфліктів у графіку руху поїздів щодо порядку проходження перевантаженої залізничної дільниці на основі недискримінаційності для всіх учасників перевезень. Незважаючи на наявність у АТ “Укрзалізниця” встановлених правил пріоритетності [1], вони потребують удосконалення, особливо у частині вантажних перевезень та визначення черговості проходження під час курсування міжнародними вантажними коридорами.



Результат аналізу практичних методів у визначенні пріоритетності руху у країнах Європейського Союзу (ЄС) показав, що більшість існуючих правил пріоритетності ґрунтуються на аналітичних методах з соціально-орієнтовним підходом, який надає перевагу у русі пасажирським поїздам. Використання такого підходу у визначенні пріоритетності створює передумови до значного збільшення рівня затримок вантажних поїздів у внутрішньому та міжнародному сполученні (відсоток виконання графіку руху у країнах ЄС для вантажних поїздів дорівнював 47% за 2020 рік) [2], що приводить до збільшення загальної собівартості вантажних перевезень та знижують загальний рівень якості у наданні послуг на залізничному транспорті.

З метою оптимізації використання перевантаженої залізничної інфраструктури було запропоновано використовувати математичні моделі під час розробки щорічного графіку руху поїздів. Використання правил пріоритетності, які ґрунтуються на використанні математичних моделей дозволить АТ “Укрзалізниця” значно скоротити потенціальні витрати через зменшення пунктуальності вантажних поїздів у випадку курсування їх встановленими графіками. Тому, під час удосконалення правил пріоритетності в умовах функціонування залізничного транспорту України, доцільна розробка інформаційної підсистеми, що функціонувала б як складова частина автоматизованої системи розроблення графіка руху поїздів, яка спрямована на формалізоване визначення правил пріоритетності з використанням математичних моделей, що спроможні забезпечити мінімізацію часу простою та збільшення загальної ефективності використання існуючої пропускної спроможності

Отримані результати моделювання дводять, що пріоритетизація руху поїздопотоків є дієвим методом підвищення пропускної спроможності залізничної інфраструктури без значних капіталовкладень. Шляхом оптимізації графіків, впровадження сучасних технологій та організаційних змін можливо ефективно управляти залізничними перевезеннями в умовах перевантаження, забезпечуючи своєчасну доставку та задоволення потреб економіки і населення.

1. Про затвердження Правил технічної експлуатації залізниць України. Офіційний вебпортал парламенту України.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text> (дата звернення: 22.09.2024).

2. Rail Market Monitoring (RMMS). Mobility and Transport. URL:

<https://transport.ec.europa.eu/transport->

[modes/rail/market/rail-market-monitoring-rmms\\_en](https://transport.ec.europa.eu/modes/rail/market/rail-market-monitoring-rmms_en) (дата звернення: 22.09.2024).

**СІРОКЛИН І.М., к.т.н., доцент**

**ЗМІЙ С.О., к.т.н., доцент**

**Сотник В.О. к.т.н., доцент**

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ ВІДКРИТИХ ВІДПОВІДЕЙ СТУДЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІ**

Системи управління навчанням (Learning Management Systems, LMS) відіграють ключову роль у наданні якісної освіти. Однак значним викликом залишається автоматизація перевірки відкритих відповідей, таких як есе або розгорнуті відповіді студентів. Використання штучного інтелекту (ШІ) в цій галузі відкриває нові можливості для підвищення ефективності освітніх процесів і зменшення навантаження на викладачів. Перевірка відкритих відповідей у традиційному форматі потребує значних витрат часу, є складним і ресурсозатратним процесом. Це пов'язано з необхідністю глибокого аналізу змісту, граматики, логіки та аргументації. Викладачі витрачають багато часу на перевірку кожної відповіді, особливо в масштабних курсах з великою кількістю студентів. У результаті спостерігається зниження ефективності викладання і сповільнення зворотного зв'язку студентам. Завдяки розвитку технологій обробки природної мови (NLP), ШІ може брати на себе частину перевірки відкритих відповідей. Такі підходи вже доволі успішно застосовуються при підготовці медиків [1, 2]. Штучний інтелект здатен аналізувати тексти студентів на основі наперед визначених критеріїв, таких як структура, наявність ключових ідей, грамика і стилістика. технології ШІ надають змоги не лише автоматизувати перевірку, але й надавати студентам детальні рекомендації для покращення їх відповідей. Автоматизація перевірки відкритих відповідей [3] не можлива без використання методів машинного навчання. Одним із них є використання моделей класифікації, що оцінюють відповіді за низкою параметрів: відповідність темі, повнота розкриття питання, орфографічна і синтаксична коректність. Більш складні системи використовують глибокі нейронні мережі для семантичного аналізу текстів. Автоматизація перевірки відкритих відповідей за допомогою ШІ має такі переваги як економія часу (ШІ значно скорочує час на перевірку робіт, надаючи викладачам більше можливостей для індивідуальної роботи зі студентами), об'єктивність (алгоритми можуть забезпечити більш об'єктивну

оцінку відповідей, зменшуючи суб'єктивність людського фактора), швидкий зворотний зв'язок (студенти отримують зворотний зв'язок практично миттєво, що дозволяє їм швидше коригувати свої помилки і вдосконалювати навички). Попри всі переваги, технології ШІ в автоматизації перевірки мають певні обмеження. Одним із них є складність у розумінні контексту і творчого підходу до відповідей. Відкриті відповіді, які виходять за рамки звичайних шаблонів, можуть бути некоректно оцінені алгоритмами. Також важливим питанням залишається етична сторона використання ШІ, зокрема збереження конфіденційності даних студентів і запобігання упередженості в оцінках. Тому при практичному застосуванні таких інструментів важливою функцією є можливість рецензування відповідей викладачем або інструктором перед надсиланням її студенту. Для прикладу розглянемо один з варіантів застосування ШІ для перевірки відкритих відповідей студентів на основі платформи з відкритим кодом Open edX. В середовищі Студії можемо створити новий розділ/ підрозділ/ юніт, в якому ви будете використовувати ШІ, обираємо Open Response (відкрита відповідь), та Staff Assessment Only (оцінка тільки інструктором). X-блок дозволяє у вкладці "SETTINGS" і у полі "Prompt for AI completion" ввести текст звернення до чату GPT, яке може виглядати так: "Ти викладач систем залізничної автоматики для майбутніх фахівців з організації руху на залізничному транспорті, дай відгук на відповідь студента на тему автоматичних локомотивних систем. Питання було таке: "{question}". Відповідь студента така: "{student\_answer}". Запропонуй оцінку за надану відповідь в форматі від 0 до 100 балів та обґрунтуй її". Цей текст буде надіслано як запит до ChatGPT (або до іншої обраної зі списку моделі) для виконання оцінки відповіді студента, а отримана відповідь може бути або автоматично надіслана студенту, або надана викладачу для редагування перед відправленням. Висновок Інтеграція штучного інтелекту в системи управління навчанням дозволяє значно оптимізувати процеси перевірки відкритих відповідей. Це сприяє підвищенню якості освіти, полегшенню роботи викладачів і покращенню навчальних результатів студентів. Проте для досягнення максимальної ефективності необхідно подальше вдосконалення існуючих алгоритмів і вирішення етичних проблем. Список джерел 1. Alwyn Vwen Yen LEE. The effect of artificial intelligence supported case analysis on nursing students' case management performance and satisfaction: A randomized controlled trial. 2023. Studies in Educational Evaluation, Vol. 77, No 101250. 2. Manas Dave, Neil Patel. Artificial intelligence in healthcare and education. 2023. British dental journal official journal of the British

Dental Association: BJD online, DOI:10.1038/s41415-023-5845-2. 3. Alwyn Vwen Yen LEE. Supporting students' generation of feedback in large-scale online course with artificial intelligence-enabled evaluation. 2023. Studies in Educational Evaluation. Vol. 77, No 10125

#### UDK 656.613.1

*PhD (Tech.) H. Baulina, masters A. Antonov, D. Yerin, O. Koretskiy*  
*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

#### RESEARCH OF ASPECTS OF INTERACTION BETWEEN RAILWAY AND SEA TRANSPORT

Railway stations and seaports play an important role in cargo transportation. The interaction of railway and sea transport has technical, technological and organizational aspects. The technical concept of the problem requires unification of the structures and capacities of elements of different types of transport involved in multimodal transport. This indicates that it is necessary to coordinate the processing and throughput capacity of lines along which cargo flows in mixed traffic move. It is also necessary to take into account the specifics of equipment at stations and ports, that is, the capacity of railway tracks and berths of the port, the adaptability of equipment for transshipment of goods from wagons to ships and cars, the capacity of transshipment equipment and the capacity of warehouses. It is also important to have appropriate shunting facilities to ensure efficient transportation of cargo traffic between different modes of transport.

The technological aspect of interaction between railway and sea transport involves performing cargo handling operations in transport hubs using a single technology that allows unhindered transportation of goods with the participation of two types of transport. This provides for the consistency of technological processes and the organization of interaction between railway stations, ports and access roads of the clientele and other chains located in the nodes.

In organizational terms, effective interaction is ensured by the development of contact schedules for the movement of transport units on adjacent lines of the node, which guarantee a consistent frequency and uniformity of the supply of units to the node. In addition, it is necessary to use a unified operational planning system.

One of the most important aspects of interaction between the railway and the seaport is the organization of the cargo transportation process. The duration of this process depends not only on the technical equipment, but also on the optimization of customs control and document processing, the accounting system and

information exchange between all participants in transportation. The introduction of modern logistics and information technologies will help ensure clear interaction between transport entities and timely processing of documents.

Port stations are an element of the transport system that ensures the interaction of railway transport and seaports. The efficiency of their work is the factor that determines both the capacity and processing capacity of the transport system, as well as the cost of transportation. Highly efficient processing of car traffic at the station is one of the most important links in the operation of transport infrastructure, which should minimize the cost of time and resources and ensure uninterrupted supply of goods to the port. This requires a comprehensive approach, the use of modern technologies and methods, constant monitoring and analysis of the system, which will ensure fast and safe cargo transshipment between the port and the railway station, as well as help reduce human errors and increase the level of process automation. In this regard, improving the methods of organizing the operational work of port stations, analyzing and increasing their processing capacity when interacting with the port is now an actual problem that is essential for railway transport in Ukraine.

**УДК 004.9**

*К.т.н., доцент В.О. Брикін;  
аспірант А.М. Зарицький (УкрДУЗТ)*

### **АНАЛІЗ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПОЛІВ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

На даний час обсяги посівів технічних культур зростають прямо пропорційно до попиту, зумовленому значним розвитком підприємств з переробки цих культур. Тому своєчасне отримання даних щодо об'ємів посівів, визрівання та обсягів врожаю мають важливе значення для галузей промисловості з переробки цих культур, оскільки визначають кінцеву ціну продуктів переробки.

На основі аналізу супутникових зображень полів можна робити прогнози щодо можливих об'ємів продукції та логістичних витрат на транспортування врожаю на підприємства переробки цієї галузі.

Традиційні методи обробки даних стикаються із викликами, пов'язаними з неможливістю своєчасного отримання та обробки даних щодо обсягів посівних кампаній, запланованих та реалізованих великою кількістю не пов'язаних між собою організацій, що призводить до обмежень у точності та швидкості обрахунків. Використання сучасних моделей аналізу зображень з допомогою штучного інтелекту

дозволяє швидко надати впорядковану інформацію для прийняття обґрунтованих рішень на основі використання доступних джерел супутникових зображень.

Впровадження передових методів, заснованих на штучному інтелекті, у системи визначення готовності посівів технічних культур та обсягів їх врожаю може покращити ефективність логістичного планування, надаючи організаціям конкурентні переваги у використанні ресурсів. Цей підхід відповідає сучасним стандартам управління логістичними ресурсами та сприяє підвищенню конкурентоспроможності організацій.

Метою дослідження є визначення ефективності використання методів глибокого навчання для виявлення полів технічних культур за допомогою аналізу супутникових зображень, а також визначення найбільш перспективного підходу серед існуючих сучасних методів штучного інтелекту, зокрема комп'ютерного зору (computer vision). Серед запропонованих методів найефективнішою групою моделей аналізу зображень з допомогою штучного інтелекту для нашого дослідження є підходи глибокого навчання (deep learning) для комп'ютерного зору. Вони найбільш корисні для першого етапу виявлення полів технічних культур. Таку задачу можна вирішити за допомогою повністю згорткової нейронної мережі (convolutional neural network), або UNet чи Masked R-CNN, що є методами контрольованої сегментації зображень (supervised image segmentation). Крім цього, розглядається ще один підхід, при якому обробляються всі області, що включають поля обраної технічної культури, використовуючи деякий пороговий рівень ймовірності на основі певного діапазону частот, спектрів RGB чи коефіцієнтів інтервалів.

Результати досліджень ефективності використання методів глибокого навчання для виявлення полів технічних культур за допомогою аналізу супутникових зображень показали, що з двох основних підходів до виявлення полів за допомогою супутникових зображень і штучного інтелекту, більш перспективним є підхід з використанням сегментації зображень. Аналіз початкової гіпотези показав, що найуспішніші результати в класифікації полів були отримані за допомогою алгоритмів градієнтного посилення, досягнувши F1-оцінки 0,75, з високою чутливістю, але нижчою точністю. Також дослідження підкреслили важливість добре позначеного набору даних, історичних даних і подальшого вдосконалення методів обробки зображень для досягнення оптимальних результатів.

*Список використаних джерел*

1. Krizhevsky, A., Sutskever, I. and Hinton, G. E. 2012. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, NIPS 2012: Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, Nevada.
2. Nielsen, M. 2017. Neural Networks and Deep Learning.

УДК 656.25:621.311.6

*К.т.н. С. Ю. Буряк,  
к.т.н. О. О. Гололобова*

*Український державний університет науки і  
технологій (Дніпро)*

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РЕЗЕРВНОМУ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННІ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

В даний час питання задоволення потреб забезпечення енергією стоїть перед викликом пошуку альтернативних відновлюваних джерел енергії. До них належать використання енергії сонця, вітру, води, геотермальних джерел, прибережних хвиль та інші види. Одночасно з цим виникає дуже важливе питання про накопичення отриманої електроенергії, що дасть змогу вирішити багато сучасних проблем перерозподілу енергії протягом доби, автономності живлення, екологічності та отримання джерел з високою якістю електроенергії.

Загалом акумулятори, які використовуються на залізничному транспорті, умовно можна поділити на три типи: швидкого, середнього і тривалого розряду. Перші застосовуються як стартерні батареї для запуску двигунів внутрішнього згорання тепловозів, секцій охолодження, вагонів, дизель-поїздів і стаціонарних двигунів. Другі широко використовуються як основне джерело живлення в пасажирських вагонах і рефрижераторних секціях при низьких швидкостях руху та на стоянках, коли їх перестає живити генератор. Треті застосовуються як резервне джерело в джерелах безперебійного живлення з основним живленням змінного струму або як буфер з основним джерелом живлення постійного струму в апаратурі сигналізації, централізації та блокування та зв'язку, а також в низьковольтних колах власних потреб підстанцій та інших стаціонарних об'єктів залізничного транспорту.

Літій-іонні акумулятори мають цілу низку переваг, серед яких найбільш значущими є їх висока питома ємність і щільність струму розряду, висока напруга розряду, відсутність «ефекту пам'яті»,

високі струми зарядки та мінімальний саморозряд. Літійова батарея складається з конкретної кількості елементів, тому вона легко піддається ремонту шляхом заміни тих елементів, які вийшли з ладу. Використання таких акумуляторів може значно знизити експлуатаційні витрати, оскільки їхній термін служби становить від 10 до 15 років, що в 2-3 рази довше, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів. При використанні літій-іонних акумуляторів немає необхідності контролювати рівень, температуру та щільність електроліту, на відміну від свинцево-кислотних акумуляторів.

#### References

1. Akram Eddahech; Olivier Briat; Jean-Michel Vinassa. 2015. Performance comparison of four lithium-ion battery technologies under calendar aging, *Energy*, Volume 84, Pages 542-550
2. Jiawei Quan; Siqi Zhao; Duanmei Song; Tianya Wang; Wenzhi He; Guangming Li. 2022. Comparative life cycle assessment of LFP and NCM batteries including the secondary use and different recycling technologies, *Science of The Total Environment*, Volume 819, 153105,
3. Joris de Hoog; Jean-Marc Timmermans; Daniel Ioan-Stroe; Maciej Swierczynski; Joris Jaguemont; Shovon Goutam; Noshin Omar; Joeri Van Mierlo; Peter Van Den Bossche. 2017. Combined cycling and calendar capacity fade modeling of a Nickel-Manganese-Cobalt Oxide Cell with real-life profile validation, *Applied Energy*, Volume 200, Pages 47-61,
4. Kwon S-J; Lee S-E; Lim J-H; Choi J; Kim J. 2018. Performance and Life Degradation Characteristics Analysis of NCM LIB for BESS. *Electronics*; 7(12):406.

УДК 004.75: 519.854: 006

*Бутенко В. М., к.т.н. Головка О. В., к.т.н.  
Ігнацевич В. В., Борисенко О. С.*

*Український державний університет  
залізничного транспорту, м. Харків*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КЛАСИФІКАЦІЇ ТИПІВ ДАНИХ В ТЕХНОЛОГІЯХ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ ПРОГРАМ**

**Вступ.** Все більше й більше інформаційних програмних засобів розробляється зараз для інформатизації великої кількості процесів у тому числі для подорожувальників, які використовують у своїх подорожах різні види транспортних засобів різних країн. Тож в роботі [1, с. 22] співавтори звертались до розроблення концепції, математичної

моделі та програмного забезпечення подорожувальника. Більш детально розробкою мобільного додатку подорожувальника займався колектив авторів, що оприлюднив у роботі [2, с. 18] результати, де вже наведено основну структуру та задачі такого застосування.

**Результати досліджень:** Крім зазначених структури та задачі додатку у роботі [2, с. 18], розроблено граф основного діалогу, структурну схему традиційного сервісу подорожувальника, структуру надання мобільних сервісів подорожувачу з використанням підходів системи підтримки прийняття рішень та структуру функцій мобільного додатка. В дослідженнях проведених раніше співавторами та опублікованих в роботі [3, с. 81] з оприлюдненням результатів класифікації методів типізації даних в технології автоматизованого синтезу програм який можливо частково застосовувати при створенні зазначеного додатку. На основі роботи [3, с. 83] було розроблена «Структура функцій мобільного додатка», що складалась з трьох основних частин «Підготовка подорожі», «Супровід подорожі» і «Додаткові сервіси» [2, с. 22], які в свою чергу були деталізовані на основі технології об'єктно-орієнтованого програмування в якості програмних одиниць, що мають конкретний зміст сенс і діють в рамках предметної області. В предметній області вже визначений термінологічний словник даних слів, що описують переміщення на транспорті.

Багато сучасних програмних засобів потребують детального опрацювання концепції раціонального розміщення даних як в пам'яті комп'ютера так і в регістрах процесорів до початку програмної реалізації додатків. Такі процедури дуже важливо проводити в умовах кросплатформного програмування для багатьох видів обчислювальних систем з різною присутністю апаратного забезпечення. Слід проектувати сутності параметрів подорожувальника як за технологічним так і за програмним аспектами оптимізації даних.

Багато програмних середовищ автоматизованого програмування потребують явного завдання типів даних, та чітко обмежують діапазони величин які можуть розміщуватися у відповідних комірках пам'яті. При реалізації на ресурсах 64 бітних процесорів такі діапазони не мають реальних обмежень. Однак при кросплатформній реалізації виконання програми можливе застосування на 32 бітній процесорній базі й відповідні обсяги даних, при певних умовах, потребують окремої реалізації. Тож опрацювання всіх аспектів типізації даних потребує ретельного підходу, який і буде удосконалюватись в подальших дослідженнях.

Побудова полів даних саме на 32-бітних комірках з застосуванням автоматизованих середовищ програмування дозволить покращити показники програмного забезпечення.

**Висновок:** при проектуванні полів даних автоматизованого проектування програмного забезпечення та подальшій експлуатації в застосунках подорожувальника доведено доцільність використання 32-бітної бази. Додатково обґрунтовано застосування при проектуванні кросплатформного програмного забезпечення при побудові програмної реалізації застосунка подорожувальника.

#### **Література.**

1 Мойсеєнко В. І., Бутенко В. М., Соколов А. К. Розроблення концепції, математичної моделі та програмного забезпечення подорожувальника // Тези стендових доповідей та виступів учасників 35-а міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» 2023 №3 (додаток) – С. 22.

2 Мойсеєнко В. І., Бутенко В. М., Соколов А. К., Яранцев В. Розробка мобільного додатку подорожувальника/Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2024. – №2. – С. 18 – 24. ISSN: 2413-3833.

3 Дослідження методів класифікації типів даних в технології автоматизованого синтезу програм// Павленко Є.П., Бутенко В.М., Губін В.О., Лубенець С.В.//“Вісник НТУ «ХПІ»”, Харків, 2021. – № 1 – 2021 – 80 – 88.

*к.т.н. Бутенко В. М.,  
студентка Кашиур А. П.,  
студент Чичин. Є. В.*

*Український державний університет  
залізничного транспорту, м. Харків*

### **ВИКОРИСТАННЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ АТ УКРЗАЛІЗНИЦІ**

**Вступ.** Залізничний транспорт є одним із ключових елементів інфраструктури України, що забезпечує перевезення вантажів і пасажирів на великі відстані. Зі зростанням ризиків перевезень виникає необхідність у підвищенні ефективності логістичних процесів, в тому числі й для масових вантажів. Укрзалізниця активно впроваджує сучасні інформаційно-керуючі системи та технології, зокрема бази даних, для автоматизації управління ресурсами, планування маршрутів та моніторингу технічного стану рухомого складу. Це дозволяє підвищити ефективність перевезень, зменшити витрати і забезпечити стабільну роботу залізничної

інфраструктури. Використання баз даних дозволяє залізницям централізовано зберігати та обробляти інформацію, що допомагає швидко приймати управлінські рішення. Такий підхід дозволяє уникати простоїв та ефективніше використовувати наявні ресурси. [1, с. 119]

**Результати досліджень.** Впровадження баз даних на Укрзалізницю значно покращує логістичні процеси. У багатьох дослідженнях зазначається, що автоматизовані системи управління перевезеннями на базі даних допомагають зменшити час на планування маршрутів та підготовку рухомого складу до відправлення. Це дозволяє мінімізувати затримки та оптимізувати використання вагонів і локомотивів. Моніторинг технічного стану вагонів і локомотивів є ще однією важливою функцією баз даних. Регулярний контроль за технічним станом рухомого складу допомагає уникати аварійних ситуацій та зупинок поїздів, що позитивно впливає на загальну стабільність роботи залізниці. Крім того, дослідження [2, с. 19] підкреслює важливість інтеграції мобільних додатків для оптимізації перевезень пасажирів як під час подорожей, а особливо при евакуаційних поїздах без підготовки. Сумісне використання даних різних підсистем транспорту різних країн по шляху прямування дозволить оптимізувати маршрути та скоротити час і зменшити втрати коштів при евакуаційних подорожах цивільних подорожувальників. Розглянутий в роботі «Граф абстрактного діалогу комбінованого типу» та «Структурна схема традиційного сервісу подорожувальника» доводять ретельність пропрацювання концептуальних компонентів постановки задачі та проблемної частини алгоритмів верхнього рівня для побудови алгоритмів більш низького рівня та подальшого створення додатку подорожувальника.

Зазначена вище, ступінь інтеграції допоможе забезпечити стабільність перевезень навіть за умов непередбачених обставин правового режиму військового стану. Економічні переваги також є вагомими. У дослідженні [3, с. 33] зазначено, що впровадження моделювання дуже важливе для удосконалення технологічних процесів. Подальше удосконалення допоможе не лише підвищити ефективність роботи, але й поліпшити обслуговування клієнтів.

**Висновки.** Подальший розвиток використання баз даних на АТ «Укрзалізниця» сприятиме підвищенню ефективності логістичних процесів, зниженню витрат та підвищенню безпеки перевезень. Наявні автоматизовані системи управління маршрутами дозволяють зменшити затримки, а системи моніторингу забезпечують своєчасне технічне обслуговування рухомого складу. Інтеграція нових мобільних додатків із

базами даних також зможе покращити взаємодію між підрозділами Укрзалізниці, сприяючи стабільній роботі залізничної інфраструктури галузі.

#### **Література.**

1. Ломотько Д. В., Кльосов О. Е., Корнійчук С. Г. Удосконалення переробки масових вантажів залізничним транспортом в умовах створення інформаційно-керуючої системи // Зб. науков. праць. УкрДУЗТ – Харків: УкрДАЗТ. – 2011. – № 120. – С. 119.
2. Мойсенко В. І., Бутенко В. М., Соколов А. К., Яранцев В. Розробка мобільного додатку подорожувальника // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2024. – №2. – С. 18–24. ISSN: 2413-3833.
3. Доценко С. І., Мойсенко В. І., Єрмоленко Л. П. Розвиток методології моделювання інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2020. – №2. – С. 33–42.

УДК 004.75: 519.854: 006

*Бутенко В.М., к.т.н.*

*Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

### **ЯКІСНА ОЦІНКА ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Вступ.** Інформаційно-керуючі підсистеми все частіше застосовуються в складних спеціалізованих комп'ютерних системах управління різними технологічними процесами. Зокрема, на залізничному транспорті багатьох країн світу перед застосуванням нових систем здійснюється моделювання їхніх компонентів, як висвітлено в роботі [1, с. 36]. Саме для моделювання функціонування електронних компонентів таких систем в різних галузях науки і техніки був розроблений ряд методик, які проаналізовані в роботі [2, с. 12].

**Результати досліджень:** Аналіз проведених раніше досліджень, опублікованих в роботі [3, с. 115], де оприлюднені дослідження різних методик розрахунку надійності та безпечності електронних компонентів пристроїв різного призначення дуже переконливо доводить складність проблеми. Зазначені методики різних галузей економіки мають неоднаковий вплив на виробників транспортного та військового призначення. Слід відмітити, що в роботі [3, с. 116] аналізувались методики розрахунків та вибору даних для продукції військового відомства

США, за якими розраховуються показники надійності військової техніки та пристроїв подвійного призначення. В результаті аналізу встановлено дуже суттєві відмінності між розрахунками, які застосовуються для залізничного транспорту України, військової техніки США та інших галузей економіки. Навіть базові значення інтенсивностей відмов вибираються різними способами й з дуже обмеженої кількості довідникових даних по кожному з типів пристроїв. Однак присутня проблема відсутності даних з інтенсивності відмов по певній кількості найменувань електронної продукції яка необхідна для реалізації тих чи інших виробів критичної інфраструктури вирішується шляхом суттєвих припущень.

Дослідники ретельно аналізували й висвітлювали недоліки в різних методиках розрахунків й прийшли до висновку, що багато неврегульованих моментів методології застосування універсальної методики для всіх галузей економіки. При умові будь-якої номенклатури продукції та послідовної кількості елементів довільного типу в них. Бо розрахунок схем з компонентами мікросхем має одні особливості розрахунку, а застосування електронних або електричних елементів інші параметри розрахунку та допоміжні коефіцієнти.

Висновок: при розробці та введенні в експлуатацію комплексів технічних засобів та систем з електронними компонентами діють досить чіткі локальні норми затвержені у вигляді державних стандартів на національному рівні України. Технічні регламенти частині стандартів надають обов'язковий статус до застосування. Але дуже багато частин для різних методів розрахунку залишаються не визначеними ні діючими нормативними документами ні технічними регламентами національного рівня ні методиками розрахунку в критичних галузях. Тож залишається дуже великий прошарок задач та застосунків для яких зазначена невизначеність є критичною й потребує подальших досліджень.

#### Література.

1 Modeling of vehicle movement in computer information-control systems // V. Moiseenko, O. Golovko, V. Butenko, K. Trubchaninova - RADIOELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEMS, 2022. Pages 36 – 49. Open access – DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2022.1.03>

2 Butenko V., Golovko O., Shulga S., Yarantsev V. Assessment of methods and standards for calculating reliability parameters of components of specialized computer systems of railway automation //International Scientific Conference Trends and Prospects for the Development of Science and

Education/Proceedings/Trends and Prospects for the Development of Science and Education: Proceedings of the International Scientific Conference (2024, April 20). Oxford, UK: Bookmundo С. 119 – 121.

3 Бутенко В.М., Головка О.В., Чуб С.Г. Аналіз методик розрахунку надійності систем залізничної автоматики з електронними компонентами // Зб. науков. праць. УкрДУЗТ – Харків: УкрДУЗТ. – 2023. – № 204. – С. 115 – 124.

#### УДК 656.2

*канд. техн. наук В.В. Гаєвський*

*ТОВ «НВП «Залізничноматика» (м. Харків)*

*Ю.В. Калюта*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

#### КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ

Системи залізничної автоматики України, що безпосередньо забезпечують безпеку руху потребують оновлювання, і у найближчий час цей процес буде особливо актуальним.

Проблеми модернізації залізничної галузі необхідно узгоджувати з сучасними тенденціями розвитку науки та техніки, приймаючи до уваги той факт, що індустріальний світ все твердіше стає на шлях підтримки Індустрії 4.0.

Якщо ж говорити про сучасні системи, що розробляються для залізничної автоматики, вони в багатьох випадках не відповідають сучасному рівню розвитку науки та техніки. Деякі недоліки цих систем є усталеними і пов'язані з використанням мікроелектронної елементної бази, інші ж стосуються їх експлуатації і можуть змінюватися.

Враховуючи існуючі проблеми, як в галузі сигналізації і зв'язку так і в сучасних запропоновано блок-схему щодо визначення проблемних факторів систем керування рухом поїздів, які безпосередньо впливають на забезпечення безпеки та безперебійності руху поїздів, економічні показники та запропонувати напрями зниження впливу цих факторів (рисунок 1).

**Висновок.** Проведено аналіз сучасного стану автоматизації процесів залізничної галузі та сформовано перелік основних питань, які потребують негайного вирішення.

Обґрунтовано необхідність розробки інноваційних керуючих систем керування рухом поїздів на базі ризик-орієнтованих підходів, що є ключовими при оцінюванні та управлінні безпекою



систем керування і надавати їм додаткові функції, яких немає в існуючих системах.

Вдосконалення мікропроцесорних систем може бути здійснене шляхом створення єдиного стандартного рішення (типового альбому), право власності на яке має належати АТ «Укрзалізниця». Це дозволить підвищити рівень безпеки та надійності систем завдяки впровадженню найефективніших технічних рішень, усунути

залежність від конкретних виробників, значно знизити витрати на реалізацію системи, а також забезпечити постійне вдосконалення мікропроцесорних систем через впровадження раціоналізаторських пропозицій від працівників служби сигналізації та зв'язку (що стає складним завданням у випадку, коли система належить приватній компанії).

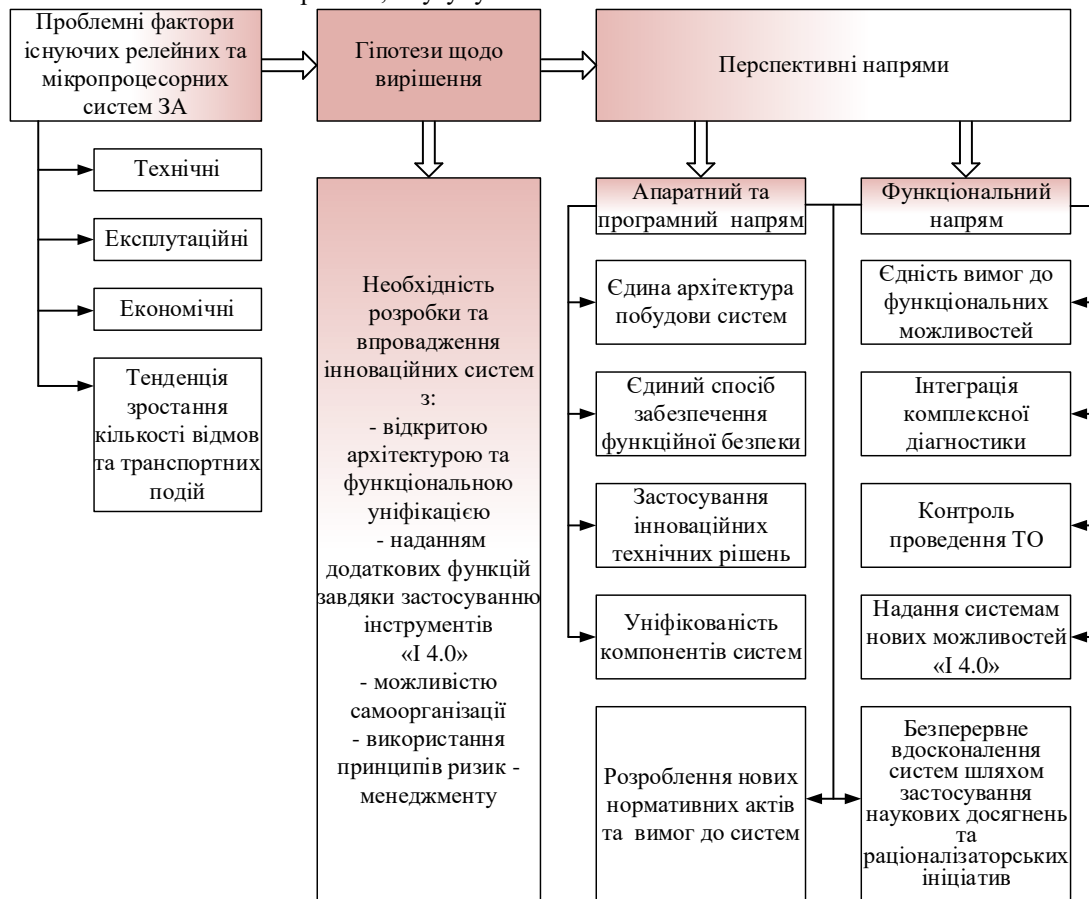


Рис.1 - Структурна блок-схема щодо визначення проблемних факторів систем керування рухом поїздів та напрямів зниження впливу цих факторів

Застосування на залізничному транспорті систем керування рухом поїздів з відкритою архітектурою (на рисунку 2, як приклад наведено мікропроцесорна централізація з відкритою архітектурою) дозволяє в рамках існуючого штату фахівців галузі провести їх додаткове навчання і сформуванню власні експлуатаційний підрозділ який буде здатним самостійно та повноцінно обслуговувати, вносити зміни в ці системи використовуючи принципи і порядок експлуатації діючих релейних систем.

Впровадження нових методів експлуатації СКРП завдяки зменшенню впливу «людського фактору».

Для реалізації цього завдання запропоновано розробити підсистему технічного діагностування (ПСТД) не тільки постової складової, а й напільних пристроїв.

За рахунок використання інструментів «Індустрії 4.0» створити цифровий двійник діючої системи, на базі якого і будуть вирішуватися питання щодо надання системі нових функцій та можливостей, що є суттєвою відмінністю перспективної системи.

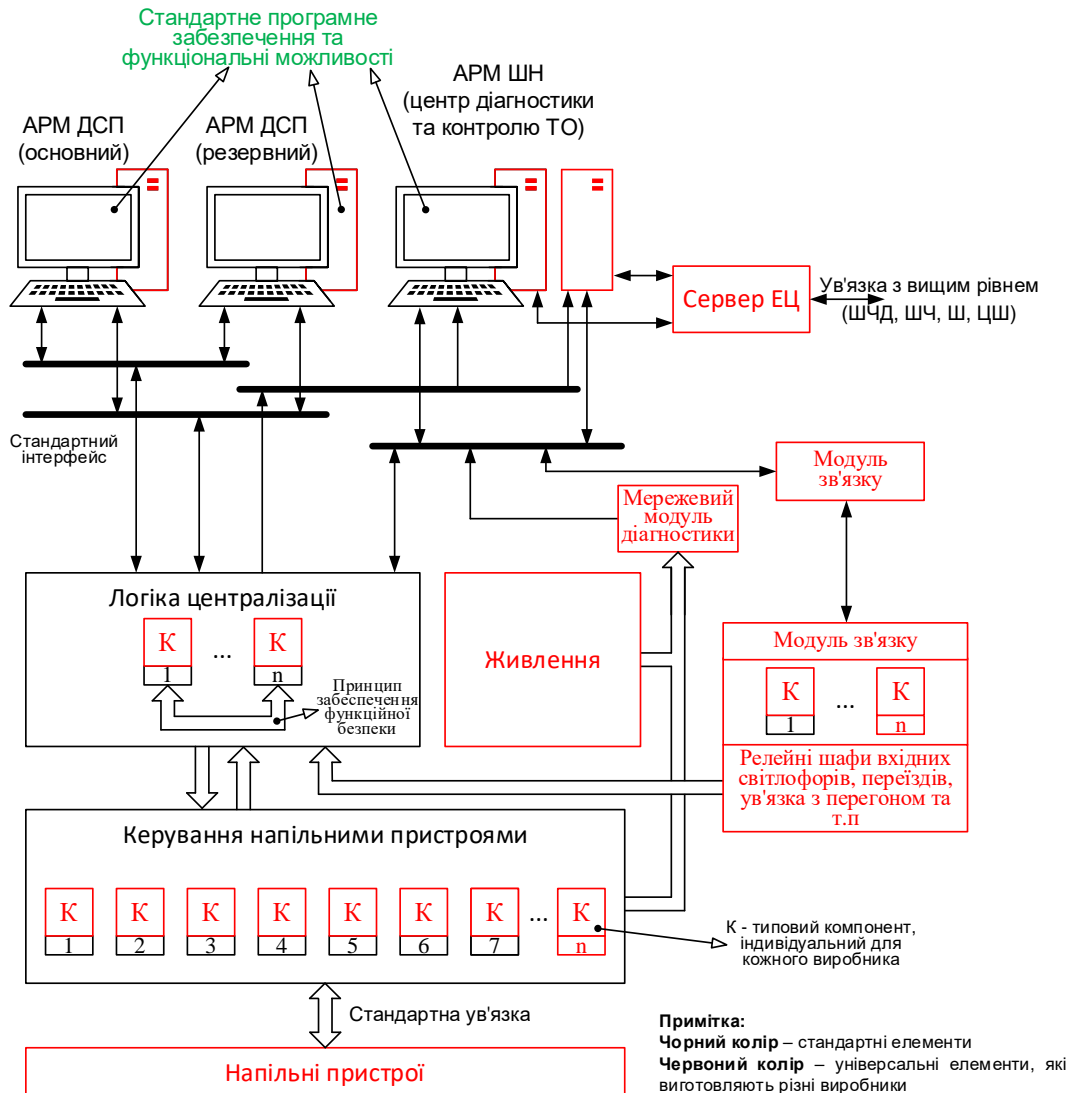


Рис. 2 - Базова концепція реалізації побудови відкритої системи мікропроцесорної централізації

Це дозволить виключити формування витрат на інвестиції в технології, які в подальшому буде необхідно додатково фінансувати для адаптації до вимог «Індустрії 4.0»

Застосовуючи ідеологію і досвід експлуатації систем з використанням реле з одного боку і технології побудови інформаційно - керуючих систем за принципами «Управління та контроль 4.0» можливо не тільки модернізувати транспортну галузь, а зробити стрімкий «цифровий стрибок».

Таким чином, авторами закладені основні критерії концепції побудови інноваційних систем керування рухом поїздів спрямовані на суттєве підвищення таких показників, як: RAMS, зменшення впливу «людського фактору», економічна ефективність, а також комфорт у користуванні для обслуговуючого персоналу та операторів.

Список використаних джерел:

1. Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів: навч. посіб. / Мойсеєнко В.І., Пархоменко С.Л., Чепцов М.М., Коцюба Т.А.; за ред. Мойсеєнко В.І. -2013: 394с, табл. 39, бібл. 53 назв.

2. Перспективи розвитку господарства сигналізації та зв'язку АТ "Укрзалізниця" / О. А. Бунчуков, В. І. Гончаренко // [Залізничний транспорт України](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU_2019_3_3). - 2019. - № 3. - С. 4-8. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU\\_2019\\_3\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU_2019_3_3)

3. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ: Транспорт України, 2003. 256 с.

УДК 629.4.053

Д.т.н. О.М. Горобченко, к.т.н. І.І. Кульбовський,  
PhD О.В. Неведров, асистент Д.О. Заїка

*Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ.*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЦІ В ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС.**

Шляхи інтелектуалізації залізниці та широке впровадження діджиталізації одне з актуальних і найбільш обговорюваних питань. Однією із першорядних задач є побудова моделі інтелектуального депо та інтелектуального локомотива які будуть працювати як одне ціле.

Головна ціль інтелектуального депо полягає в підвищенні ефективності обслуговування і якості ремонту локомотивів [1,2]. Автоматизація процесів дозволить мінімізувати вплив людського фактора на якість процесу ремонту, а сучасні цифрові та технологічні рішення скоротять час знаходження локомотивів у депо. Треба поєднати такі поняття як інтелектуальне депо і інтелектуальний локомотив та провести впровадження модулю пошуку аномалій системи прогнозу аналітики за допомогою якої можливо проаналізувати більше 100 параметрів роботи локомотива [3,4].

Головною метою на даний час є застосування математичних моделей прогнозу аналітики, які повинні поєднувати у собі математику та поглиблене розуміння фізичних процесів які відбуваються в обладнанні локомотива. Це дозволить завчасно виявити стани передвідмови обладнання і негайно вжити заходів для недопущення відмови локомотива на лінії.

Із системою прогнозу обслуговування інформація циркулює через математичні моделі, які прогнозують поведінку обладнання та переймають досвід діагностів-експертів.

Ефективність від впровадження даної розробки полягатиме в підвищенні ефективності управління, збільшення міжремонтного періоду, зменшення кількості позапланових ремонтів за допомогою переходу на систему ремонту за станом, зменшення витрат на ремонт обладнання до 25%, скорочення часу непланового простою локомотивів за рахунок прогнозу відмови та своєчасної ідентифікації передвідмовного стану, можливість планування складських запасів.

В цілому розробка системи полягає в тому, що вона не просто діагностує роботу обладнання, а автоматично виявляє приховані аномальні режими та визначає, який із вузлів обладнання вийде з ладу, причому з важливою деталізацією: коли, чому, за яких режимів роботи.

Система дозволить виявляти неполадки та забезпечувати не лише планові, а й ремонти за «фактичним станом» (технологія «інтелектуальний локомотив»). Так, з'явиться можливість здійснювати

онлайн оцінку технічного стану вузлів і агрегатів локомотива, прогнозувати ймовірність відмови, планувати програми ремонтів, виявляти порушення режимів експлуатації та сприяти підвищенню ефективності управління рухом.

Після впровадження інтелектуальних систем з'явиться можливість прогнозувати та контролювати технічний стан локомотива на всьому життєвому циклі. Це дозволить значно знизити операційні витрати, кількість непланових ремонтів та підвищити коефіцієнт технічної готовності (основний виробничий показник) локомотивного парку країни.

Пропонується використовувати машинне навчання для інтелектуальної системи яке собою представляє клас методів штучного інтелекту, характерною рисою яких є не пряме розв'язання задачі, а навчання в процесі пошуку і застосування рішень безлічі подібних задач. Для побудови таких методів, пропонується використання засобів математичної статистики, чисельний метод, методи оптимізації, теорему Байєса, теорію графів.

«Інтелектуальний локомотив» є системою предиктивної аналітики, що здійснює моніторинг технічного стану обладнання та прогнозує відмови з точністю до конкретного вузла локомотива, оснащеного датчиками.

Основна мета «інтелектуального депо» та «інтелектуального локомотива» полягає у переході від планово-попереджувальних ремонтів до ремонтів за фактичним станом. Завдяки зв'язці «інтелектуальне депо» та «інтелектуальний локомотив» на 12% знизиться час простою локомотивів на технічному обслуговуванні.

Саме тому можна говорити про те, що інтелектуалізація залізниці є надзвичайно важливим елементом в стратегії подальшого розвитку в післявоєнний час.

### **Подяка.**

Робота виконана в межах проекту 2022.01/0224 «Розробка наукових засад комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах післявоєнного розвитку України» за конкурсом «Наука на відбудову України у воєнний та повоєнний періоди» за фінансової підтримки НФД України.

### **Список використаних джерел**

- [1. O. Gorobchenko, O. Nevedrov \(2020\) Development of the structure of an intelligent locomotive DSS and assessment of its effectiveness. Archives of Transport vol. 56, issue 4 pp. 47-58](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5517)  
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5517>

2. T. Butko, O. Babanin, O. Gorobchenko (2015). Rationale for the type of the membership function of fuzzy parameters of locomotive intelligent control systems. *East European Journal of Enterprise Technology*, vol. 1 No. 3 (73), pp. 4–8. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35996>.

3. Gorobchenko O. et al. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment //2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). – IEEE, 2018. – С. 239-243.

4. Gorobchenko, O. Study of the influencee of electric transmission parameters on the efficiency of freight rolling stock of direct current. [Text] / O. Gorobchenko, O. Fomin, V. Fomin, V. Kovalenko // //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – №. 1 (91). – Р. 60-67.

УДК УДК 65.014.134

д.т.н. Доценко С.І., Нор Д.І.

Український державний університет залізничного транспорту. м. Харків

## ЛОГІКО-СЕМАНТИЧНІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАТЬ: ПРИКЛАДИ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ТА КРИЗОВОГО ЦЕНТРУ МАЛИХ МОДУЛЬНИХ РЕАКТОРІВ

Малі модульні реактори (ММР) становлять значний інтерес для сучасної енергетики завдяки своїм перевагам в гнучкості, безпеці та екологічній стійкості. Однак ефективне управління знаннями пов'язаних із функціонуванням таких реакторів, вимагає створення відповідних баз знань.

**Предметом** дослідження є логіко-семантичні моделі та методи представлення знань, що використовуються для оптимізації процесів енергоменеджменту та управління кризовими центрами в контексті цифрової інфраструктури малих модульних реакторів. Особлива увага приділяється аналізу можливостей використання чотирифакторних і восьмифакторних моделей для підтримки прийняття рішень.

**Метою** дослідження є оцінка ефективності логіко-семантичних моделей для баз знань, що забезпечують інтеграцію інформації та підвищення ефективності управління кризовими ситуаціями на об'єктах інфраструктури ММР.

**Завдання:** порівняти існуючі методи та моделі представлення знань у контексті кризового управління. Визначити переваги та недоліки чотирифакторних і восьмифакторних логіко-семантичних моделей для управління знаннями. Дослідити можливості їх практичного застосування в енергоменеджменті та кризових центрах ММР.

### Результати досліджень:

Чотирифакторні логіко-семантичні моделі показали високу ефективність у побудові універсальних баз знань з відкритою архітектурою для управління кризовими ситуаціями.

Восьми факторні моделі дозволяють деталізувати інформацію і краще прогнозувати розвиток складних кризових сценаріїв, проте вони вимагають додаткового теоретичного обґрунтування для більш широкого впровадження в практику.

При цьому, основним є питання щодо оцінки ефективності логіко-семантичних моделей моделювання знань. Для цього може бути застосовано наступні методи для оцінки ефективності.

*Точність прийняття рішень:* порівняння рішень, прийнятих з використанням логіко-семантичних моделей, із реальними рішеннями експертів або систем. Оцінка того, наскільки моделі допомагають уникнути помилкових або неточних рішень у кризових ситуаціях.

*Швидкість обробки інформації та прийняття рішень:* оцінка того, наскільки швидко система на базі логіко-семантичних моделей здатна обробляти вхідні дані та генерувати рекомендації чи висновки. Це особливо важливо для кризового управління, де час є критичним фактором.

*Повнота представлених знань:* можливість моделі інтегрувати різні типи інформації (дані, знання, смисли) з різних джерел та об'єднати їх у злагоджену базу знань. Ефективність можна оцінити за допомогою того, наскільки модель враховує всі необхідні аспекти при аналізі ситуацій.

*Адаптивність до різних сценаріїв:* оцінка того, наскільки легко можна адаптувати модель для різних кризових сценаріїв, змінюючи лише певні змінні чи параметри. Чим простіше система може бути адаптована, тим вища її ефективність.

*Залучення експертів:* здатність експертів працювати з моделями без необхідності залучення додаткових фахівців, таких як інженери знань. Оцінка зручності використання та навчання експертів для роботи з системою.

*Якість управління ризиками:* аналіз того, наскільки модель дозволяє прогнозувати й управляти ризиками у кризових ситуаціях. Це може включати кількісну оцінку зниження ймовірності небажаних подій або зменшення шкоди внаслідок більш точного прогнозування ризиків.

*Зворотний зв'язок користувачів:* оцінка системи через опитування користувачів або експертів, які працюють із моделями. Це може допомогти виявити практичні аспекти ефективності, такі як зручність, зрозумілість та задоволеність результатами роботи з моделлю.

**Висновки.**

Аналіз показав, що згідно наведеного переліку показників ефективності логіко-семантичні моделі представлення знань в повній мірі відповідають вказаним вимогам.

Отже, логіко-семантичні моделі представлення знань є ефективним / важливим інструментом для управління знаннями та енергетичними процесами в ММР, сприяючи оперативному реагуванню на кризові ситуації.

Чотирифакторні моделі забезпечують швидку інтеграцію даних та підтримку прийняття рішень, що критично важливо для управління поточними ризиками.

Восьмифакторні моделі, завдяки розширеній деталізації, оптимізують довгострокове планування і дозволяють здійснювати складніший аналіз.

Відкритість архітектури таких моделей забезпечує їх гнучкість та можливість динамічного оновлення знань без необхідності глибокої реконфігурації системи.

Синтетичний набір даних створюється шляхом накладання зображень сторонніх предметів на статичні кадри, взяті з відео з перспективи кабіни локомотива. Це дозволяє моделі навчитися розпізнавати об'єкти в реалістичних умовах залізничних колій. Категорії небезпечних об'єктів, такі як металобрухт, покинуті транспортні засоби та мертві тварини, визначаються на основі літератури. Для підвищення різноманіття включаються також нешкідливі об'єкти, такі як листя, гілки та дрібне сміття, що допомагає моделі відрізнити загрози від нешкідливих предметів.

Для створення набору даних використовуються відео з відкритою ліцензією з платформ, таких як YouTube. Зображення сторонніх об'єктів збираються у заздалегідь визначених категоріях і синтетично розміщуються на відеокдрах з варіаціями позиції, масштабу та орієнтації. Методи доповнення даних, такі як обертання, масштабування, регулювання яскравості та додавання тіней, ще більше підвищують варіативність. Для підвищення реалістичності моделюються також ефекти руху та умови навколишнього середовища, такі як дощ або туман.

Кожне зображення в синтетичному наборі даних анується масками сегментації для точного вказання розташування сторонніх предметів. Кожній категорії об'єктів присвоюється базова оцінка безпеки (наприклад, 0,7 для металобрухту, 0,95 для покинутих транспортних засобів), що відображає загальний рівень ризику, пов'язаний з цим типом об'єкта. Ця оцінка може коригуватися на основі таких факторів, як розмір об'єкта або близькість до колій, підвищуючи чутливість моделі до контексту. Система оцінювання надає моделі важливу інформацію для визначення пріоритетності небезпечних об'єктів у процесі моніторингу.

Як архітектура моделі використовується MobileNet V3, що забезпечує швидке виявлення об'єктів у реальному часі з мінімальними обчислювальними ресурсами, що є критично важливим для застосувань на БПЛА. Для підвищення ефективності застосовується метод перенесення навчання: модель є попередньо навченою на ImageNet.

Після навчання на синтетичному наборі даних модель перевіряється на реальних даних у різних середовищах для забезпечення надійності. Процес перевірки оцінює здатність моделі ефективно виявляти сторонні предмети на коліях у різноманітних умовах.

Запропонований підхід пропонує масштабоване рішення для виявлення сторонніх предметів у реальному часі на залізничних коліях, використовуючи можливості CNN і БПЛА. Це може

**УДК 004.9**

*Доктор філософії О.І. Іванюк (УкрДУЗТ)*

**МАСШТАБОВАНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА НА ОСНОВІ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ, НАВЧЕНИХ НА СИНТЕТИЧНИХ ДАНИХ**

Моніторинг залізничних колій на наявність сторонніх предметів є важливим завданням для забезпечення безпеки та ефективності залізничних перевезень. Традиційні методи часто покладаються на ручні перевірки, які можуть бути трудомісткими та неефективними. З розвитком автономних систем і зростаючою доступністю безпілотних літальних апаратів (БПЛА), використання методів машинного навчання для автоматизації виявлення об'єктів на залізничних коліях пропонує перспективне рішення для надійного моніторингу в реальному часі. Такий підхід може значно підвищити рівень безпеки на залізниці завдяки більш ефективному та точному виявленню небезпек.

У запропонованому підході розробляється модель машинного навчання на основі згорткових нейронних мереж (CNN) для виявлення сторонніх предметів на залізничних коліях з використанням БПЛА. Для навчання моделі використовується синтетичний набір даних, а перевірка продуктивності здійснюється на реальних даних.



суттєво підвищити безпеку та експлуатаційну ефективність залізниць.

#### Список використаних джерел

1. Aela, P., Chi, H. L., Fares, A., Zayed, T., & Kim, M. (2024). UAV-based studies in railway infrastructure monitoring. *Automation in Construction*, 167, 105714. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2024.105714>
2. Banić, M., Miltenović, A., Pavlović, M., & Ćirić, I. (2019). Intelligent machine vision based railway infrastructure inspection and monitoring using UAV. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 17(3), 357–364. <https://doi.org/10.22190/FUME190507041B>
3. Lesiak, P. (2020). Inspection and Maintenance of Railway Infrastructure with the Use of Unmanned Aerial Vehicles. *Problemy Kolejnictwa - Railway Reports*, 64(188), 115–127. <https://doi.org/10.36137/1883E>

**Трубчанінова К.А.**, д-р техн. наук, проф.,  
УкрДУЗТ, м. Харків, Україна  
**Ковтун І.В.**, к-т техн. наук, доц., УкрДУЗТ,  
м. Харків, Україна  
**Mezitis Mareks**, д-р техн. наук, проф.,  
*Transport Academy, Riga, Latvia*

### ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНOSTІ МЕРЕЖІ FANET В УМОВАХ ОРГАНІЗОВАНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ПРОТИДІЇ

Використання технології надширококустових сигналів (НШС) у каналах управління та зв'язку мережі FANET відкриває можливості, які недоступні традиційними підходами. Це, зокрема, дозволяє значно підвищити якість безпроводних каналів мережі. Розширення смуги пропускання і перехід до ширококустових каналів забезпечують практично необмежене збільшення кількості каналів зв'язку. Завдяки попередньому розподілу кодів модуляції між каналами, можна забезпечити їх стабільну роботу без ризику перехоплення управління БПЛА, компрометації інформації або виникнення взаємних завад [1].

Ключовим показником ефективності систем безпроводного мобільного зв'язку є висока потенційна питома щільність передачі даних [2]. Вона вимірюється загальною швидкістю передачі даних на одиницю площі робочої зони, яка наразі становить близько 1 Мбіт/с на квадратний метр. Запропонований у роботі метод використання коротких інформаційних імпульсів-чипів дозволяє уникнути міжсимвольних спотворень шляхом

розсіювання енергії імпульсу до моменту прибуття наступного. Це також знижує рівень спотворень сигналу, спричинених багатопроменевим поширенням [3].

Системи управління та зв'язку, що використовують надширококустові сигнали, вирізняються низькою ймовірністю виявлення моменту встановлення каналів зв'язку, а також неможливістю перехоплення управління БПЛА. Водночас забезпечується одночасна та безперешкодна робота традиційних вузькокустових і надширококустових систем у тому ж частотному діапазоні. Це досягається завдяки тому, що рівень інформаційних і керуючих сигналів залишається нижчим за рівень шуму у робочому частотному діапазоні. Зниження потужності і випромінювання електромагнітних полів додатково гарантує дотримання вимог електромагнітної сумісності на всіх етапах розробки та впровадження безпроводної мережі FANET.

З метою підвищення завадозахищеності мережі в умовах організованої радіоелектронної протидії в роботі запропонований метод оптимальної маршрутизації, який базується на управлінні траєкторіями окремих БПЛА для формування мережевої конфігурації, що мінімізує вплив завад. У реальному часі автоматично вибирається найбільш підходящий БПЛА, якому передається управління, і він виводиться із зони дії радіоелектронних завад для подальшої передачі інформації до наземної мережі [4].

1. С.В. Мельников, О.Є. Волков, М.В. Коршунов, Ю.Ю. Грищенко Застосування безпілотних літальних систем як мобільних комплексів радіозв'язку Системи керування та комп'ютери 2017, № 5. с. 54 – 61.

2. Кравченко, В. Радіоелектронні засоби боротьби, придушення та силового ураження [Текст]: монографія / В. Кравченко, О. Серков. – Харків: Видавництво «Друкарня Мадрид», 2022. – 422 с.

3. Панченко, С. Теорія і практика електромагнітної сумісності телекомунікаційних систем [Текст]: монографія / С. Панченко, О. Серков, К. Трубчанінова. – Харків : УкрДУЗТ, 2020. – 249 с.

4. Method of Increasing Security of Spatial Intelligence in the Industrial Internet of Things Systems [Text] / K. Trubchaninova, A. Serkov, V. Tkachenko, V. Kharchenko, V. Pevnev, N. Doukas // 24th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC'2020), Platania Chania Grete Island, Greece, July 19-22, 2020. – 2020. – P. 283-289. DOI: [10.1109/CSCC49995.2020.00058](https://doi.org/10.1109/CSCC49995.2020.00058).

УДК 629.4

*Д.т.н. Ю.Є. Калабухін, к.т.н. А.Л. Сумцов*  
*Український державний університет*  
*залізничного транспорту*

### **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

Моторвагонний рухомий склад (МВРС) відіграє ключову роль у забезпеченні пасажирських перевезень у багатьох регіонах України. Проте через значне термін служби та ряд негативних факторів експлуатації сучасний його стан не задовольняє вимогам конкуренції перевезень у порівнянні з іншими видами транспорту, особливо автомобільним. Водночас стабільність перевезень протягом року і менша залежність від погодних умов зберігають привабливість цього виду транспорту. Тому підвищення енергоефективності та зменшення витрат енергії є важливим завданням для забезпечення економічної та екологічної стійкості транспорту.

Одним із ефективних методів діагностики й оптимізації енергетичних витрат є тепловізійне обстеження. Воно дозволяє виявляти теплові втрати та несправності у різних частинах рухомого складу, що може допомогти зменшити витрати на паливо, підвищити безпеку та продовжити термін експлуатації елементів рухомого складу [1, 2].

Тепловізійне обстеження базується на принципах інфрачервоної термографії, яка дозволяє візуалізувати теплові випромінювання об'єктів. Тепловізор виявляє інфрачервоне випромінювання, яке не видиме для людського ока, і перетворює його на зображення, де різні температури відображаються у вигляді різнокольорових областей. У застосуванні до моторвагонного складу тепловізори дозволяють виявляти проблемні зони, де є надмірні теплові втрати, перегрів або недостатнє теплоізоляційне покриття.

Застосування тепловізійного обстеження МВРС дозволяє діагностувати систему опалення і вентиляції, теплову ізоляцію і герметичність салону, здійснювати контроль за станом електричних і механічних систем [3]. Системи опалення і вентиляції моторвагонного рухомого складу є важливим джерелом енергоспоживання. За допомогою тепловізійного обстеження можна ідентифікувати місця витоків тепла через недостатню ізоляцію або несправності в роботі опалювального обладнання. Наприклад, виявлення надмірних теплових витрат через стінки або підлогу

вагона дозволяє своєчасно вжити заходів щодо їх усунення, що значно знижує енерговитрати на опалення. Перегрів окремих обігрівачів дозволяє виявити порушення в режимах їх роботи. Для забезпечення комфорту пасажирів та ефективного використання енергії важливе значення має герметичність вагонів і їх теплоізоляція. Тепловізійне обстеження дозволяє виявити місця з неефективною ізоляцією або витокami через двері, вікна та інші конструкційні елементи. Своєчасне виявлення недоліків в цих елементах дозволить знизити витрати на опалення або кондиціонування повітря.

У теплових випромінюваннях можна також виявляти проблеми з електричними та механічними системами, такими як трансмісія, підшипники та електричні з'єднання. Наприклад, перегрів підшипників або несправність в електропроводці можуть призводити до аварійних ситуацій або зниження ефективності використання рухомого складу. Завдяки тепловізійній діагностиці можна виявити ці дефекти на ранніх стадіях та запобігти серйозним поломкам.

Переваги тепловізійного обстеження для підвищення енергоефективності полягають в точності та швидкості обстеження, наочності отриманих результатів, можливості накопичення та систематизації даних для виявлення статистичними методами проблемних місць в конструкції МВРС. Наприклад, тепловізори дозволяють проводити детальне обстеження великих об'єктів за короткий час. Це особливо важливо для МВРС, де швидкість виявлення дефектів є критичною з точки зору трудомісткості виконання операцій. Іншим вагомим аспектом є неструктивність методу обстеження. Обстеження не вимагає зупинки експлуатації складу чи розбору його частин, що дозволяє знизити витрати часу та коштів на діагностику.

Додатковими позитивними факторами використання тепловізійного обстеження МВРС є раннє виявлення перегріву елементів електричних систем або механічних деталей, що дозволяє запобігти відмовам устаткування та аваріям. Це знижує ймовірність позапланових простоїв та покращує безпеку експлуатації МВРС.

Оптимізація теплових витрат дозволяє зменшити споживання палива та електроенергії, що позитивно впливає на навколишнє середовище, знижуючи викиди шкідливих речовин.

До недоліків слід віднести необхідність закупівлі вартісного обладнання та необхідність якісної підготовки персоналу щодо застосування тепловізійного обстеження. Однак ці недоліки швидко компенсуються перевагами в процесі використання.



Застосування тепловізійного обстеження є ефективним засобом для підвищення енергоефективності МВРС. Цей метод дозволяє швидко і точно виявляти теплові втрати, перегрів механічних і електричних систем, а також проблеми із теплоізоляцією, що у підсумку сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню рівня безпеки. Інтеграція тепловізійної діагностики у регулярне технічне обслуговування МВРС є перспективним напрямом для покращення ефективності та надійності транспортних засобів у майбутньому.

Список використаних джерел

- 1 Andriy Sumtsov, Anatoliy Falendysh, Olha Kletska Thermal imaging diagnostics locomotives MATEC Web of Conferences, 2018. Volume 182, 01004 – P. 1 – 8.
- 2 А.Л. Сумцов, С.А. Крикун, К.Г. Ануфрієв Роль сучасних систем моніторингу у забезпечення надійності системи охолодження тепловозів. Тези стендових доповідей та виступів учасників 36-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 16-17 листопада, 2023 р.). – 2023. – № 3 (додаток). – С. 34-35.
- 3 Andriy Sumtsov, Anatoliy Falendysh, Nataliya Chyhyryk, Oleg Vasilenko, Ivan Vykhopen Energy saving for the suburban rolling stock International Journal of Engineering & Technology (2018) 7(4.3), P. 361 – 365.

*д-р техн. наук, проф. А.О. Каргін, асп. Д.О. Гієвський, УкрДУЗТ, м. Харків*

## АЛГОРИТМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ПЛАНУВАННЯ ДІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЩО ВІДЧУВАЄ

Для створення Автономних Інтелектуальних Безлюдних Систем (АІБС) актуальною є модель Штучного Інтелекту, що Відчуває (ШВ). АІБС, що розглядається, є колісним роботом, що здійснює перевезення певного вантажу між різними позиціями на складі в умовах існування певних перешкод, таких як нестача заряду батареї, виникнення об'єкту на шляху тощо. Наявність цих перешкод змушує АІБС здійснити перебудову плану для виконання кінцевої мети місії.

Моделлю управління АІБС є Нечітка Логічна Система (НЛС), яка доповнюється введенням контекстуальної залежності, що полягає в розділенні простору фактів на дві множини. Перша містить факти  $F_{plan}$ , що визначають етапи плану, друга складається з фактів  $F_{sit}$  стосовно поточної ситуації АІБС. Для всіх фактів першої множини вводяться контекстні факти, що поміщуються в контекстну

пам'ять та оновлюються в результаті виконання правил НЛС. Факти і дії об'єднуються у ланцюжки типу «факт<sub>1</sub>-дія-факт<sub>2</sub>», і узагальнюються в дії вищого рівня, що дозволяє доповнювати правила пам'яттю про різні сценарії. Кожне правило також має визначений фактор впевненості (ФВ)  $cf$ , який відображає ступінь можливості досягнення локальної цілі при виконанні правила. Таким чином, формується база правил, яку цілеспрямований механізм ШВ використовує для нечіткого логічного виведення за допомогою комбінації прямого та зворотного ланцюгового висновку.

Безперервне планування пропонується досягати шляхом використання алгоритму, що є варіацією зворотного висновку і базується на використанні обходу дерева правил в ширину. В результаті роботи алгоритму отримуються множини впорядкованих списків правил для розрахунку цільового факту та їх ФВ, і кумулятивний ФВ досягнення цільового факту. Отримана інформація дозволяє АІБС прийняти рішення щодо можливості досягнення цілі та потенційних шляхів її досягнення.

**Список літератури:** 1. M. Czerwinski, J. Hernandez, D. McDuff, "Building an AI that feels" Appl. Sci., vol.11, 4920, Apr. 2021, DOI: 10.3390/app11114920. 2. M. Huang and R. Rust, "Artificial Intelligence in Service" J. of Service Res., vol. 21(2), Feb. 2018, pp. 155-172, DOI: 10.1177/1094670517752459. 3. A. Kargin, T. Petrenko, "Feeling Artificial Intelligence for AI-Enabled Autonomous Systems" in Conf. Proc. of 2022 IEEE Global Conference on Artificial Intelligence and Internet of Things (GCAIoT) Alamein New City, Egypt, 18-21 December 2022, P.88-93.

УДК 656.223

*Докт. техн. наук Д.В. Ломотько, аспірант Д.Д. Ковальов*

*<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

## КЛАСИФІКАЦІЯ СУХИХ ПОРТІВ ЗА ОБСЯГАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Розвиток контейнерних перевезень створює необхідність до проектування та модернізації необхідної інфраструктури. Все більшого застосування зазнають технології «сухих портів». Широкий спектр функцій та послуг виділяють даний тип інфраструктури на фоні інших.

Існує безліч класифікацій СП, однак у нашій роботі доцільним є використання класифікації за обсягами переробки контейнерів на залізничному транспорті [1]:

- малі – обробка 10 вагонів на добу;
- середні - обробка 11 - 30 вагонів на добу;
- великі - обробка 31 - 125 вагонів на добу;

Від обсягів переробки контейнерного терміналу значною мірою залежить і технічне оснащення, необхідне для номального функціонування. Мінімальне оснащення СП включає[2]:

- обгороджену, охоронювану митну зону з обмеженою кількістю місць входу-виходу, поділом робочих зон та входу до них залежно від способу доставки вантажів;
- контейнерний майданчик, здатний приймати та відправляти контейнери автомобільним та залізничним транспортом, а також зберігати контейнери;

- вантажну контейнерну станцію, де можна завантажувати та вивантажувати вантажі із контейнерів; зону митного огляду, де вантаж може бути вивантажений для огляду;
- митний склад для зберігання нерозмитнених вантажів;
- дво-або більш-поверховий адміністративний будинок, в якому розміщуються: управління сухого порту, офіси для митних інспекторів, експедиторів і вантажних агентів, офіси для постачальників банківських або фінансових послуг, а також приміщення для зручності персоналу (ресторан і т.д.).

При проектуванні контейнерних майданчиків використовують наступну класифікацію представлену у Таблиці 1[3].

Таблиця 1. Технічне оснащення контейнерних майданчиків.

Тип контейнерного майданчика	Клас/категорія	Середньодобовий вантажообіг, TEU	Складська площа, тис. м <sup>2</sup>	Майданчик для стоянок автопоїздів та контейнеровозів, тис. м <sup>2</sup>	Залізничний під'їзний шлях	Механізація
Спеціалізовані	I/1	≥ 120	до 13,0	до 10,0	0,5	КК-30,5 – 2 шт. КК-32,0 – 2 шт.
	I/2	100 – 120	до 9,0	до 7,0	0,5	КК-30,5 – 1 шт. КК-32,0 – 2 шт.
	I/3	60 - 100	до 6,5	до 5,0	0,3	КК-30,5 – 1 шт. КК-32,0 – 1 шт.
	II/1	40 – 60	більше 4,0	до 3,0	0,3	КК-30,5 – 1 шт. КК-32,0 – 1 шт.
	II/2	20 – 40	до 4,0	до 2,5	0,3	КК-32,0 – 1 шт. або навантажув.
Об'єднані	III/1	10 – 20	до 1,5	до 1,0	0,3	КК-32,0 – 1 шт. КК-20(25) – 1 шт або навантажув.
	III/2	до 10	до 1,0	до 0,7	0,3	КК-32,0 – 1 шт. КК-20(25) – 1 шт або навантажув.

Як бачимо із вищенаведеної таблиці розміри та технічне оснащення сильно залежать від контейнерообігу. Також є необхідним обґрунтування впровадження козлових кранів для невеликих обсягів перевезень. Схема типового невеликого СП виглядає наступним чином.

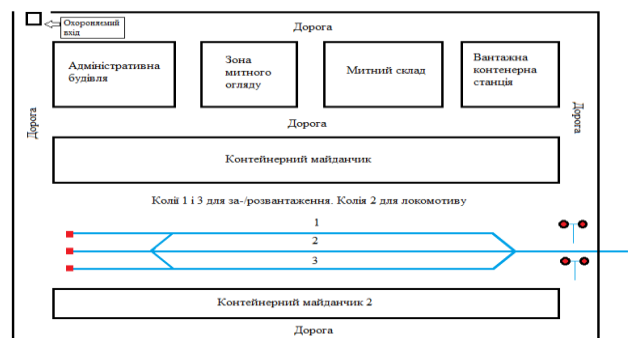


Рис. 1. Схема СП (термінал обслуговується навантажувачем)

При збільшенні вантажообігу передбачається розширення майданчиків, більша кількість колій та встановлення козлового крану.

Висновок. Проаналізовано роботу СП та описані їх основні функції. Наведено класифікацію портів залежно від обсягу роботи та представлені необхідні для функціонування СП технічне оснащення та вимоги при проектуванні контейнерних майданчиків.

Список використаних джерел:

1. Malikov O.B. Warehouses and cargo terminals - Moscow: Publishing house "Business-press", 2005
2. ESCAP. Regional Framework for Development of Dry Ports of International Importance - Study Report, 2018
3. Malikov O.B. Design of container terminals: textbook / O.B. Malikov, E.K. Korovyakovsky, Yu.V. Korovyakovskaya. - St. Petersburg: Publishing house of FGBOU VPO PGUPS, 2015

УДК 621.391

*Ковтун І.В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)  
Трубчанінова К.А., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)  
Збігнев Лукасік, д.т.н., професор (Технологічно-гуманітарний університет імені Казимира Пуласького, Польща)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВБУДОВАНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КАМЕР

На сьогодні функціональні можливості систем відеоспостереження отримують все більше засобів для автоматичного аналізу відеоінформації. Під час розробки систем обробки інформації та управління, зокрема систем автоматичного виявлення і супроводу об'єктів, завдання аналізу зображень і відео вирішує транспортна аналітика. Алгоритми аналізу зображень і відео дають змогу отримувати інформацію, яка може охоплювати кількість об'єктів, що рухаються в напрямках, що цікавлять, щільність потоку об'єктів; параметри об'єктів, а також визначати виникнення позаштатних ситуацій. Необхідно враховувати, що система відеоаналітики повинна забезпечувати обробку великих масивів даних, представлених у вигляді послідовності зображень, у реальному або близькому до реального

масштабі часу. Часто канали зв'язку не мають необхідних параметрів, що призводить до появи спотворень і шумів на зображеннях, затримок під час отримання нового кадру.

Рішенням є встановлення камер відеоспостереження, однак потрібні лінії зв'язку для передачі великих обсягів даних (відео) і подальша обробка з використанням обчислювальних центрів. Використання інтелектуальних камер дає змогу зменшити вимоги до каналів зв'язку, тому що для передачі статистичних даних про транспортні потоки необхідно набагато менше ресурсів, ніж для передачі зображень і відео. Виникає завдання розробки відповідних алгоритмів, які, зокрема, мають працювати в різних складних умовах, але обчислювальні можливості камер обмежені.

У роботі розглянуто технічні та програмні особливості реалізації алгоритмів обробки та аналізу зображень на платформі інтелектуальних відеокamer Axis Communications. Сформульовано рекомендації до реалізації алгоритмів з метою забезпечення вбудованої обробки даних у режимі реального часу.

Для реалізації обчислювально - складних алгоритмів аналізу зображень рекомендується використовувати пристрої на базі більш потужних процесорів, наприклад, процесорів на основі архітектури ARM, що мають модуль операцій з плаваючою точкою. Також подібний модуль, сумісний зі стандартом IEEE754 і такий, що підтримує типи даних одинарної та подвійної точності, є в архітектурі MIPS32 1004Kf. Якщо ж розглянута система не має FPU, то бажано відмовитися від арифметики з плаваючою точкою або ж використовувати числа з фіксованою точкою.

Другим варіантом прискорення обчислень на архітектурі ARTPEC є використання паралельних обчислень, оскільки центральний процесор є багатоядерним. Наприклад, якщо алгоритм незалежно опрацьовує кілька зон зображення, то таке опрацювання можна організувати в різних потоках.

Третій варіант є універсальним і полягає у зменшенні роздільної здатності зображення або області, що оброблюються. Зменшення роздільної здатності дає змогу забезпечити обробку відео в режимі реального часу, але необхідне проведення оцінювання якості роботи алгоритму.

### Список використаних джерел

1. Q. Zhang, H. Sun, X. Wu and H. Zhong, "Edge Video Analytics for Public Safety: A Review," in Proceedings of the IEEE, vol. 107, no. 8, 2019, pp. 1675-1696
2. I. Cabezas and J. Palacios, "A Software Architecture for Video Analytics," 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 2020, pp. 483-487.
3. AXIS Camera application platform. Source:

<https://www.axis.com/support/developer-support/axis-camera-application-platform>.

#### УДК 004.838

*д-р.техн.наук, проф. Г.Ф.Кривуля, студент  
В.І.Марченко,  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки*

Сучасні дрони це насамперед мобільні системи з використанням штучного інтелекту й вони мають всі ознаки інтелектуальних агентів. Під цим терміном розуміють інтелектуальні сутності, що спостерігають за навколишнім середовищем і діють у ньому, при цьому їхня поведінка раціональна в тому сенсі, що вони здатні до розуміння і їхні дії завжди спрямовані на досягнення якої-небудь мети. Такий агент може бути як роботом, так і вбудованою програмною системою. Про інтелектуальність агента можна говорити, якщо він взаємодіє з навколишнім середовищем приблизно так само, як діяла би людина. В першу чергу дрон це кіберфізичний агент — агент, що сприймає навколишній світ через деякі сенсори й діє за допомогою маніпуляторів. Також дрон є часовий агент — агент, що використовує [інформацію](#), що змінюється з ходом часу, і пропонує деякі дії або надає дані комп'ютерній системі або людині, і отримує інформацію через програмний ввід.

Дрони як інтелектуальні агенти безперервно виконують три функції: сприйняття динаміки середовища; дії, що змінюють середовище; міркування з метою інтерпретації спостережуваних явищ, вирішення завдань, виведення висновків і визначення дій. Дрони часто використовують як автономні агенти – це комп'ютерні системи, що функціонують у складному, динамічному середовищі, здатні відчувати й автономно діяти на це середовище і виконувати завдання, для яких вони призначені

Поняття дрона як агента можна інтерпретувати множиною з п'яти елементів: **Агент = <дрон, середовище, сприйняття, інтерпретація, дія>**, де *середовище* інтерпретується як проблема, в якій агент функціонує; *сприйняття* – термін, який використовують для позначення сенсорних даних,

які отримав агент у певний момент часу; *інтерпретація* – інтелектуальне управління діяльністю агента на основі програми, що реалізує функцію агента. Агент вибирає доцільні цілеспрямовані рішення із широкого діапазону можливих дій, і, отже, сприйняття позначаються на дії; *дія* – вплив агента на середовище за допомогою виконавчих механізмів. Агент є відкритою системою, розміщеною у певному середовищі, причому цій системі притаманна своя поведінка, зумовлена певними принципами. Агент вважається здатним сприймати інформацію із зовнішнього середовища з обмеженим дозволом, опрацьовувати її на основі власних ресурсів, взаємодіяти з іншими агентами і діяти на середовище протягом певного часу, маючи свої цілі.

Необхідними умовами реалізації агентом визначеної поведінки є спеціальні пристрої, що безпосередньо сприймають вплив зовнішнього середовища (рецептори) і виконавчі органи, які впливають на середовище (ефектори), а також процесор – блок переробки інформації та пам'ять (здатність агента зберігати інформацію про свій стан і стан середовища).

Рецептори утворюють систему сприйняття агента, що забезпечує прийняття і первинне опрацювання інформації, яка надходить до них із середовища (зовнішнього та внутрішнього), а потім у пам'ять. Система сприйняття може контролювати дії, визначаючи відмінності між по- точними і очікуваними станами. У пам'яті агента зберігаються дані про типові реакції на інформаційні сигнали від рецепторів, а також інформація про стан ефекторів та про наявні ресурси. Крім того, в пам'яті зберігаються програми перероблення вхідної інформації на керуючі сигнали, що подається на ефектори, та результати реакцій на певні зовнішні ситуації.

Блок пам'яті містить три основні компоненти: систему фільтрів, що забезпечують відокремлення найзначущішої для агента інформації, внутрішню модель зовнішнього світу і модель самого агента. Отже, саме обсяг пам'яті, кількість збережених у ній даних і програм, рівень розвитку внутрішньої моделі зовнішнього світу і можливості рефлексії визначають складність і

характер поведінки агента, рівень його автономності та інтелектуальності.

Процесор забезпечує об'єднання і перероблення різнорідних даних, вироблення відповідних реакцій на інформацію про стан середовища, прийняття рішень про виконання тих чи інших дій. Вибір відповідних дій за заданих обмежень – одна із ключових здібностей агентів.

Використання штучного інтелекту дозволяє дронам працювати автономно та координовано, зменшуючи залежність від людського керівництва та підвищуючи ефективність виконання завдань.

**Перелік посилань.** 1 Negnevitsky. A Guide to Intelligent Systems Second Edition. Addison Wesley. 2005. 415pp.

2. Russell and P. Norvig. (2010). Artificial Intelligence Modern Approach. (3rd edition). [online]. Available: [www.pearsonhighered.com](http://www.pearsonhighered.com) [Oct., 2015]. 1131 pp.

УДК 621.391

**КРОЩЕНКО Д.О., аспірант (УкрДУЗТ)**

**Аналіз принципів представлення та декодування завадостійких кодів Лабі**

У теперішній час для побудови телекомунікаційних систем та мереж різних видів потрібно використовувати сучасні телекомунікаційні технології, стандарти та протоколи, які реалізуються за допомогою цифрового обладнання. При цьому телекомунікаційна інфраструктура має задовольняти низку вимог, серед яких важливе значення має забезпечення заданої достовірності передачі інформації [1,2].

Важливим інструментом в телекомунікаційних системах, особливо для передачі даних через ненадійні канали зв'язку є застосування завадостійких кодів на основі перетворення Лабі. Коди Лабі широко застосовуються в телекомунікаціях завдяки своїм універсальним властивостям, які дозволяють забезпечити надійну передачу даних із зниженням впливу помилок і змінних умов мережі [2,3].

Проаналізовано ефективність використання завадостійких кодів Лабі. Розглянуто процеси кодування та декодування даних кодів та можливості використання кодів Лабі для забезпечення

надійності та ефективності різних мережевих протоколів.

## Література

1. Ільченко М.Ю. Сучасні телекомунікаційні системи / М.Ю. Ільченко, С.О. Кравчук. – К.: НВП Видавництво «Наукова думка» НАН України. – 328 с

2. Штомпель Н. А. Тенденции развития методов помехоустойчивого кодирования информации в телекоммуникациях. Зв'язок, радіотехніка, радіолокація, акустика та навігація. 2017. 1(50). С. 35-37

3. Joe Louis Paul I, Radha S., Raja J. Throughput and Bit Error Rate Analysis of Luby Transform Codes with Low and Medium Nodal Degree Distributions. American Journal of Applied Sciences 11 (9): 1584-1593, 2014

УДК 004.89:004.383.8

*д-р техн. наук, проф. А.О. Каргін, асп. Р.С. Кузьменко, УкрДУЗТ, м. Харків*

## МОДЕЛЬ ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ В М'ЯКОМУ ПРОГРАМНОМУ УПРАВЛІННІ В АВТОНОМНИХ БЕЗЛЮДНИХ СИСТЕМАХ

В сучасному світі поширені автономні безлюдні системи. Вони знайшли широке застосування у сферах військового, промислового, побутового, аграрного [1] та освітнього застосування.

Однією з важливих компонентів в складі автономних безлюдних систем є управляюча програма (УП). На даний момент відомі такі моделі управління [2]: жорстке та гнучке програмне управління, ситуаційне управління та цілеспрямоване управління. Дані підходи мають свої переваги та недоліки в залежності від сфери та умов їх застосування.

В доповіді наведена інформація, щодо необхідності моделі м'якого програмного управління. Розглянемо завдання переміщення колісного робота на певному маршруті у якості прикладу такого завдання. У випадку жорсткого програмного управління, команди виконуються у певному порядку і мають фіксовані характеристики та вони при цьому будуть попередньо розрахованими у часі виконання. У разі застосування гнучкого програмного управління, команди будуть доповнені даними з сенсорів та будуть опиратися на ці дані з сенсорів для контролю моменту завершення. Обидва підходи мають певні недоліки. Наприклад, у випадку коли колісний робот наближається до

повороту, було б краще щоб він спочатку знизив швидкість і плавно повернув колеса для виконання повороту. При цьому важливо, щоб в управляючій програмі не завершувалася поточна команда і вже починалася інша, та обидві команди деякий час виконувалися одночасно. Нова модель припускає виконання наступної команди з послідовності УП без завершення попередньої. Тобто контролер підтримує режим паралельного й одночасного виконання різних команд.

Для застосування методу м'якого програмного управління, необхідно створювати спеціальну модель виконуючого механізму. Головна ідея виконуючого механізму запозичена у живій природі та сформульована у вигляді концептуальної моделі. Модель біологічного виконавчого механізму (м'язове волокно) з дослідженою біологами динамікою поведінки, формалізована у математичну модель елементарного виконавчого механізму та створюється комп'ютерна модель. Це дасть можливість створити нечіткий контролер, який буде виконувати кооперацію множини елементарних виконавчих механізмів з урахуванням особливостей методу м'якого програмного управління.

#### Список літератури:

1. *Siciliano B., Khatib O.* (eds.) Springer Handbook of Robotics (2nd ed.) / *B. Siciliano, O. Khatib.* – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2016. – 2227 P. – ISBN: 978-3-319-32550-7. – e-ISBN: 978-3-319-32552-1. 2. *Anatolii Kargin, Tetyana Petrenko.* Knowledge Distillation for Autonomous Intelligent Unmanned System / In: *Witold Pedrycz, Shyi-Ming Chen.* Advancements in Knowledge Distillation: Towards New Horizons of Intelligent Systems. Studies in Computational Intelligence, vol. 1100. Springer International Publishing, 2023, Pages 193-230. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32095-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32095-8_7)

УДК 330.131.7

*Кандидат технічних наук В. В. Лагута*  
Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

*О.В. Лагута*

*Луганський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Дніпро.*

#### КОМПОНЕНТИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Інформація, що має цінність для організації, повинна бути захищеною. В багатьох випадках загрози, що приносять незначну для організації

шкоду, не враховуються. У разі реалізації кількох таких загроз разом організація може відчутно «постраждати». Нові загрози та вразливості знижують ефективність впроваджених засобів захисту за відсутності змін. Реалізація контрзаходів перестане бути останнім етапом захисту інформації об'єкта. Розуміння необхідності впровадження заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки організації як безперервного процесу зумовлює потребу в управлінні цією діяльністю.

Важливими компонентами системи інформаційної безпеки (ІБ) є її рівні управління. При проектуванні інформаційних систем питання безпеки не завжди беруться до уваги [1]. Питання управління інформаційною безпекою включають не лише технічну складову. Без підтримки керівництва та виділення необхідних ресурсів неможливо забезпечити ефективний захист від інформаційних загроз.

Процес управління ІБ носить циклічний характер і полягає в наступному:

- опис активів, що захищаються;
- виявлення та формалізація можливих загроз інформаційній безпеці;
- аналіз ризиків інформаційної безпеки;
- розробка контрзаходів;

Управління ІБ включає 3 рівні.

*Стратегічний* рівень характеризує забезпечення інтересів організації у сфері безпеки. На цьому рівні визначаються стратегія та основні заходи щодо забезпечення інформаційної безпеки.

На *тактичному* рівні здійснюється планування та забезпечення виконання Політики інформаційної безпеки. Розробляються необхідні регламенти, правила та інструкції. Проводяться розслідування та аналіз інцидентів інформаційної безпеки.

*Оперативний* рівень управління включає реалізацію конкретних контрзаходів, що нейтралізують інформаційні загрози.

Іншим важливим компонентом управління інформаційною безпекою є моніторинг впроваджених контрзаходів. Комплекс заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки повинен оцінюватися з постійним інтервалом шляхом внутрішнього та незалежного аудиту [2].

Внутрішній аудит проводиться для визначення ефективності впроваджених контрзаходів. Такі перевірки передусім мають бути спрямовані на усунення недоліків. Вони повинні ретельно готуватися для забезпечення якомога ефективнішого досягнення їх цілей, водночас не викликаючи порушення штатної роботи організації. За результатами дій з моніторингу керівництву має бути поданий звіт. Цей документ має містити перелік рекомендованих дій з чітко визначеними

пріоритетами разом із реальною оцінкою передбачуваних витрат виконання кожного з цих дій.

Вибір аудиторів для внутрішнього аудиту може виявитися складним для невеликих компаній. Для проведення перевірочних заходів важливо призначити працівників, які не брали участь у плануванні та розробці заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки через необ'єктивність такої перевірки. Необхідно також враховувати суб'єктивність прийняття рішень щодо оцінки діяльності своїх колег по роботі. Щодо цього, якщо керівництво готове виділити кошти, можна залучити зовнішніх аудиторів. Погляд із боку завжди дозволяє виявити певні аспекти, які можуть бути втрачені під час проведення перевірок власними силами. Зовнішні аудитори компетентні у своїй галузі, однак, можуть врахувати не всі особливості організаційного середовища компанії, що перевіряється. Безумовно, власні співробітники краще знають тонкощі процесів, що протікають в організації. Тому для ефективного моніторингу захищеності об'єкта від інформаційних загроз корисно чергувати періодичні перевірки, які проводяться власними силами, з перевірками, що здійснюються зовнішніми аудиторами.

Важливо наголосити на необхідності розгляду заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки як безперервного процесу, яким необхідно керувати, реалізації певних заходів щодо забезпечення інформаційної безпеки за допомогою розробки економічного обґрунтування. Економічне обґрунтування є основним засобом для того, щоб переконати керівництво у фінансуванні запропонованих заходів. Необхідно приділяти особливу увагу моніторингу запроваджених контрзаходів. З метою підвищення ефективності управління інформаційною безпекою важливо періодично залучати зовнішніх аудиторів до внутрішніх перевірок.

#### Перелік посилань

- ISO/IEC 27005:2022(en) Information security, cybersecurity and privacy protection – Guidance on managing information security risks [Електронний ресурс] // – URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:27005:ed-4:v1:en> (Дата звернення: 01.09.2022)
- ISO/IEC 27004, Information technology — Security techniques — Information security management — Monitoring, measurement, analysis and evaluation. [Електронний ресурс] // – URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:27004:ed-2:v1:en> (Дата звернення: 01.09.2022)

#### УДК 004.05

*к.т.н. В.В. Лагута, Л.С. Тимошенко*  
Український державний університет науки і технологій, Дніпро

### ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ З УРАХУВАННЯМ ЇХ ПОТОЧНОГО СТАНУ

Ефективність системи залізничної автоматики та телемеханіки (СЗАТ) є головним чинником у виконанні перевізного процесу та забезпечення безпеки руху поїздів. Завдання, що базуються на кількісній оцінці ефективності СЗАТ [1, с. 25], передбачають визначення кількісного показника, який виражає ймовірність виконання певним засобом поставленого завдання. Метою дослідження є визначення ключових принципів, дотримання яких дозволить системі ефективно виконувати свої функції:

- система повинна бути постійно готовою до експлуатації та зберігати працездатність;
- справна система повинна володіти набором характеристик, які забезпечують успішне виконання поставленого завдання.

Для оцінки надійності можуть використовуватись технічні та організаційні показники, що відображають:

- співвідношення між часом роботи та простим елементом СЗАТ (коефіцієнти готовності, вимушеного простою, профілактичних робіт);
- частоту проведення профілактичних заходів для запобігання відмовам;
- вплив надійності елементів СЗАТ на загальні експлуатаційні показники системи управління рухом поїздів.

Пристрої СЗАТ належать до систем, що потребують обслуговування. З одного боку, проведення профілактичних оглядів сприяє підвищенню готовності пристроїв до їх експлуатації, але з іншого боку, це може негативно вплинути на деякі показники, які визначають ефективність системи. Це обумовлено тим, що профілактика вимагає залучення кваліфікованого персоналу та використання спеціалізованої контрольно-вимірювальної апаратури, що збільшує витрати на експлуатацію. Крім того, технічний ресурс обладнання використовується не за прямим призначенням. Також відомо, що під час профілактичних робіт може зрости інтенсивність відмов через втручання обслуговуючого персоналу в діючі пристрої. Відновлення працездатності системи потребує певного часу, який включає:



– час, необхідний для прибуття персоналу на місце пошкодження;

– час на ремонт і виявлення відмови.

Система може відновити свої функції тільки після завершення цього періоду, що відповідає часу відновлення. Зрозуміло, що це може вплинути на результат виконання завдання, тобто на показник P<sub>ri</sub>. Несправності, що виникають під час експлуатації системи, можуть по-різному впливати на результати її роботи. Ступінь цього впливу залежить від часу виникнення відмови та її характеру.

Відмова системи під час підготовки маршруту або пропуску поїздів може спричинити часткове або повне невиконання її завдань. Таким чином, вплив несправностей [2, с. 14] на ефективність системи залежить не тільки від кількості відмов, їх характеру та часу відновлення, але й від поїзної ситуації на момент їх виникнення. Недостатня надійність обладнання може впливати на його ефективність за такими ключовими напрямками:

– відмови, що трапляються під час експлуатації, можуть призвести до повного невиконання завдань або зниження ефективності використання ресурсів;

– через недостатню надійність потрібно регулярно проводити профілактичні огляди, ремонт та інші роботи, під час яких витрачається технічний ресурс обладнання;

– необхідність підтримувати належний рівень готовності та оперативного усуняття відмови вимагає проведення комплексу заходів, включаючи залучення кваліфікованого персоналу, використання контрольно-вимірювальної апаратури та наявність запасних частин. Це все знижує загальну ефективність системи [3, с. 125].

Основним наслідком виникнення відмов під час експлуатації системи є зниження ефективності виконання нею завдань через збільшення часу, необхідного для її використання. Відомо [4, с. 3], що система ЕЦ зможе виконати завдання щодо встановлення та розмикання маршруту у таких випадках:

– система є справною до початку підготовки маршруту і не відмовить під час його встановлення та розмикання (оперативний час);

– якщо система несправна на початку, вона буде відновлена протягом допустимого часу і не зазнає відмов протягом певного часу.

Виникнення відмов призводить до збільшення фактичного часу, необхідного для приведення системи у готовність до виконання завдань. Це означає, що використання системи в операціях може розпочатися лише після додаткового часу, що відповідно збільшує оперативний час. Ця ситуація, безумовно, впливає на успішність виконання завдань, поставлених перед системою.

Недостатня надійність системи та необхідність проведення спеціальних заходів для забезпечення її безперебійної роботи знижують показник ймовірності успішного виконання завдань із урахуванням фактичної надійності засобів залізничної автоматики.

Список літератури:

1. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 129 с.
2. Кустов В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпечності систем залізничної автоматики: Навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 218 с
3. Ensuring railroad's digital automation systems resistance to dangerous states / S. Panchenko [et al.] // ICTE in Transportation and Logistics. ICTE Tol 2019, LNITI. – 2020. P. 120–128.
4. IEC 61508-1:1998. Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems. – Part 1: General requirements.

УДК 378.146

*Н.М. Лазарева, УкрДУЗТ*

*О.В. Лазарев, УкрДУЗТ*

## ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕСТУВАННЯ, ЯК МЕТОДА КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ

Пріоритетним напрямком вдосконалення вищої освіти є забезпечення спеціалістами з сучасним рівнем знань. Водночас, при зменшенні кількості годин на вивчення дисциплін і переважно дистанційних формах навчання та контролю навченості, постає необхідність вдосконалення методів контролю, зокрема тестових програм. Перевірка і оцінювання знань студентів є важливою складовою, адже результат контролю – це показник співвідношення між поставленою метою і досягнутими результатами навчання.

Для формування контрольного завдання з множини запитань  $Q$  обирається підмножина (вибірка)  $Q_i$ . При застосуванні звичної лінійної структури задаються послідовно всі питання з вибірки  $Q_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  та підраховується кількість балів за тестування:

$$K = \sum_{i=1}^n K_i .$$

Підсумковий бал розраховується як відсоток правильних відповідей:

$$R = \frac{r}{n} \cdot 100\% .$$

На основі отриманої кількості балів вноситься висновок про рівень знань студента.

В реальних системах тестування найбільш розповсюдженою формою відповідей є вибіркова, де треба обрати один (рідше декілька) варіантів відповідей. При цьому результати тестування містять випадкову складову, адже є велика ймовірність вгадування правильних відповідей для отримання достатньої кількості балів. Тому використання комп'ютерного тестування потребує обґрунтування об'єктивності оцінювання та оцінки якості самого тесту.

Об'єктивність тестування можлива лише за умови, що тест є валідним:

*достовірність + передбачувальна здатність = істинність оцінювання*

До основних показників достовірності відноситься ймовірність вгадування правильної відповіді по одній дидактичній одиниці та ймовірність успішного проходження тесту при однократному тестуванні.

З урахуванням кількості запропонованих варіантів відповідей, ймовірність вгадування:

$$p_i = \frac{1}{C_n^k} .$$

Простим і доступним методом для оцінки достовірності результатів тесту є розрахунок коефіцієнта випадкової відповіді. Очікувана кількість правильних відповідей при випадковому виборі дорівнює загальній кількості запитань, помноженій на ймовірність вгадування:

$$W = n \cdot p_i .$$

Якщо при модульному контролі з дисципліни «Системи керування рухом поїздів» тест містить 20 питань, ціна кожного з них складає 2 бали. Максимальна кількість балів за тест – 40. Загальна кількість питань в базі – 221, студенту задається 20, всі питання з 1 правильною відповіддю. З них: 15 запитань мають 4 варіанти відповіді, 3 запитання мають 5 варіантів відповіді, 2 запитання мають 6 варіантів відповіді. За умови однаково привабливих варіантів, очікувана кількість балів від угадування:

$$W = n_1 \cdot p_1 + n_2 \cdot p_2 + n_3 \cdot p_3 .$$

$$W = 15 \cdot \frac{2}{4} + 3 \cdot \frac{2}{5} + 2 \cdot \frac{2}{6} = 7,5 + 1,2 + 0,67 = 9,37$$

$$\frac{100\%}{40} = \frac{x}{9,37} , \quad \text{тоді}$$

$$x = \frac{100\%}{40} \cdot 9,37 = 23,43\%$$

З урахуванням, що для отримання заліку потрібно відповісти правильно на 60% питань, значна частина загального балу може бути отримана випадково шляхом вгадування. Цей показник може бути набагато більшим при зовнішній відмінності варіантів (найдовша відповідь ймовірно є правильною тощо)

З дисципліни «БТП» загальна кількість питань в базі – 49, студенту надається 20, всі питання мають 3 варіанти відповіді. Для отримання заліку потребують 1 правильну відповідь. Очікувана кількість балів від угадування:

$$W = 20 \cdot \frac{2}{3} = 13,3$$

$$\frac{100\%}{40} = \frac{x}{13,3} , \quad \text{тоді}$$

$$x = \frac{100\%}{40} \cdot 13,4 = 33,25\%$$

Максимальний результат тестування з цієї дисципліни на 1/3 може бути обумовлений випадковим вгадуванням, що дає загальне уявлення про достовірність результатів тестування. До того ж загальна кількість питань у базі – 49, що призводить до перекриття питань у різних студентів. Так для 2 студентів коефіцієнт перекриття складе приблизно 31%, при цьому унікальними виявляються лише 13 з 20 питань. Для групи з 15 студентів коефіцієнт перекриття буде набагато більшим.

Додавання варіантів відповідей в питання з однією правильною відповіддю незначно підвищує достовірність результатів тестування (рис.1).

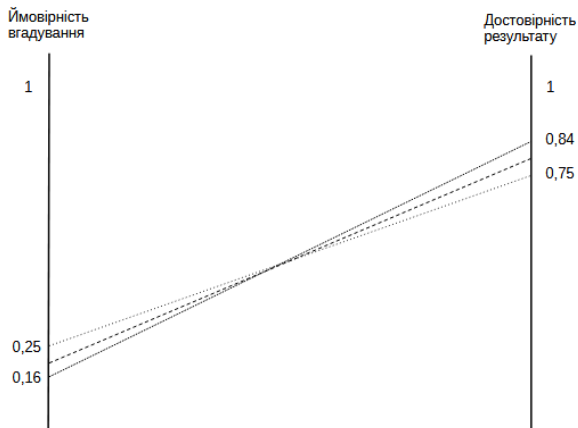


Рис.1 – Збільшення достовірності при збільшенні кількості варіантів відповідей

Для отримання більш об'єктивної оцінки знань студентів бажано використовувати різноманітні методи оцінювання, а не покладатися лише на тести з вибором правильної відповіді. Забезпеченню об'єктивності оцінюванні сприяє достатній рівень надійності процедури тестування, яку забезпечує відповідним чином організована структура тестових завдань та включення творчих завдань чи питань з відкритою відповіддю. Це дозволить отримати більш достовірне уявлення про рівень реальних знань та умінь студентів.

#### УДК 629.463.1

*С. В. Панченко, докт. техн. наук, професор А. О. Ловська, докт. техн. наук П. В. Рувальніков, ст. викладач*  
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

### ВИЯВЛЕННЯ МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ АДАПТАЦІЇ НАПІВВАГОНА ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ

Підвищення ефективності експлуатації транспортної галузі зумовило впровадження модульних засобів. Одним із найбільш поширених серед таких є контейнери. Це пояснюється можливістю їх перевезень майже всіма видами транспорту: залізничним, автомобільним, водним, а також авіаційним [1, 2].

Суттєва доля контейнерних перевезень припадає на залізничний транспорт. Перевезення контейнерів залізницею здійснюється на вагонах-платформах. Закріплення контейнерів на вагонах-платформах забезпечується за допомогою

фітингових упорів, які розміщуються на повздовжніх балках рами вагонів-платформ. Розповсюдження контейнерних перевезень зумовило модернізацію універсальних вагонів-платформ до перевезень контейнерів. Така модернізація полягала у постановці фітингових упорів на раму. Разом з цим, дане рішення не вирішило повністю питання технічного забезпечення контейнерних перевезень залізницею.

Нестача вагонів-платформ в експлуатації викликає необхідність використання інших типів вагонів під контейнерні перевезення, наприклад, напіввагонів. Це обґрунтовано відсутністю даху на напіввагоні, що дозволяє здійснювати його завантаження контейнерами. Однак, використання напіввагонів під перевезення контейнерів потребує забезпечення надійної схеми їх взаємодії, адже напіввагон не пристосований для цих цілей. Внаслідок податливості контейнера в напіввагоні може мати місце пошкодження не тільки самого контейнера, перевозимого у ньому вантажу, а і кузова напіввагона. Це не тільки викликає необхідність позапланових видів ремонту транспортних засобів, а і може сприяти аваріям. В випадку перевезень небезпечних вантажів, це додатково загрожує і екологічній небезпеці. Тому питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень контейнерів є досить актуальними та потребують дослідження.

Для безпечного перевезення контейнерів в напіввагоні пропонується використання зйомного модуля. Даний модуль працює за принципом проміжного адаптера між контейнером та кузовом напіввагона. Кріплення самого модуля в напіввагоні здійснюється через фітингові упори, які розміщуються на підлозі напіввагона.

Для визначення повздовжнього динамічного навантаження, яке діє на контейнер, закріплений за новою схемою в напіввагоні, проведено математичне моделювання. Математичну модель, яка характеризує переміщення напіввагона, завантаженого контейнерами, сформовано за методом Ла-Гранжа II роду. Враховано, що зйомні модулі закріплені відносно підлоги напіввагона через фітинги. Їх переміщення відносно підлоги обмежується фітинговими упорами. Контейнер закріплений в зйомному модулі та має власний ступінь вільності в повздовжній площині, який обмежується величиною технологічного зазору між фітингами та фітинговими упорами. Зв'язок між фітинговими упорами та фітингами, відповідно напіввагона та зйомних модулів, зйомних модулів та контейнерів, прийнято як жорсткий.

Розв'язок математичної моделі здійснено в MathCad. Результати проведених розрахунків встановили, що максимальні прискорення, які діють

на напіввагон складають  $40,6 \text{ м/с}^2$ , на зйомний модуль –  $33,4 \text{ м/с}^2$ , а на контейнер – близько  $33,7 \text{ м/с}^2$ .

Для визначення полів розподілень прискорень відносно несучої конструкції зйомного модуля із контейнерами, розміщеного в напіввагоні, проведено комп'ютерне моделювання в SolidWorks Simulation. Встановлено, що максимальні прискорення, які діють на несучу конструкцію напіввагона зосереджені в середній частині його рами і складають  $39,1 \text{ м/с}^2$ . Максимальне прискорення, яке діє на зйомні модулі склало  $35,2 \text{ м/с}^2$ , а на контейнери –  $36,2 \text{ м/с}^2$ .

Здійснено верифікацію сформованої моделі динамічної навантаженості несучої конструкції напіввагона, завантаженого контейнерами. Результати розрахунків показали, що гіпотеза про адекватність не відхиляється.

Проведено модальний аналіз несучої конструкції напіввагона, завантаженого контейнерами із урахуванням нової схеми їх взаємодії. Встановлено, що безпека руху напіввагона з точки зору модального аналізу забезпечується, оскільки значення першої власної частоти коливань більше за  $8 \text{ Гц}$  [3].

Результати проведеного дослідження сприятимуть підвищенню ефективності контейнерних перевезень та рентабельності залізничного транспорту.

[1] Caban J. Strength analysis of a container semi-truck frame [Text] / Caban J., Nieoczyn A., Gardyński L. // Engineering Failure Analysis. – 2021. – Vol. 127. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105487.

[2] Panchenko S. The Analysis of the Loading and the Strength of the FLAT RACK Removable Module with Viscoelastic Bonds in the Fittings [Text] / Panchenko S., Gerlici J., Vatulia G., Lovska A., Pavliuchenkov M., Kravchenko K. // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13(1), 79. DOI: 10.3390/app13010079

[3] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії  $1520 \text{ мм}$  (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

УДК 656.222 : 65.011.14

*Доктор філософії М.Д. Ломотько<sup>1</sup>, науковий співробітник А.С. Галкін<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

<sup>2</sup>Антверпенський університет (м. Антверпен (Бельгія))

## ПІДГОТОВКА КАДРІВ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ

Сучасний ринкові відносини все більше потребують зелених технологій. Даний вектор розвитку є популярним в Європейському Союзі (ЄС), у тому числі – на транспорті. Зелені технології дозволяють бути транспортним компаніям не тільки екологічно нейтральними до природи, а й мати перевагу на ринку товарів та послуг перед іншими компаніями, які не впровадили зазначені технології. Залізничний транспорт України зі вступом в Європейський Союз матиме змогу вийти на Європейський ринок, згідно директив недискримінаційного доступу до мереж залізниць. Але він немає переваг в зелених технологіях перед іншими залізничними компаніями Європейського Союзу [1].

Тому пропонується заздалегідь впроваджувати у технологію перевезень вітчизняних залізниць елементи зеленої логістики. Кадрове забезпечення перевізного процесу має можливість у програмі підвищення кваліфікацій та навчальних програма закладах вищої освіти вивчати та виконувати дослідження в межах наукового напрямку з основ зеленої логістики.

Метою вивчення курсу Основ зеленої логістики є оволодіння здобувачами вищої освіти та працівниками залізничного транспорту України є оволодіння знаннями в області екологічних та ресурсозберігаючих логістичних технологій на транспорті. Завдання курсу полягатиме у вивченні екологічного підходу до перевезень вантажів та пасажирів на основі зеленої логістики; набуття практичних навичок щодо застосування зеленої логістики на транспорті. Після вивчення цієї дисципліни здобувачі вищої освіти та працівників на залізничному транспорті України повинні знати [1,2,3]:

- теоретичні знання в області зеленої логістики;
- основні принципи та аспекти зеленої логістики;
- екологічне законодавство в Україні;
- основні особливості зеленої логістики в інших країнах світу;
- розрахунок екологічного критерію;
- особливості методології ForFITS;
- перспективи розвитку зеленої логістики в світі та в Україні.

Зміст даної програми передбачає дослідження у наступних напрямках [1,4,5]:

- 1) Загальна характеристика та основні аспекти зеленої логістики;

- 2) Аналіз досліджень в області формування зелених логістичних технологій на транспорті;
- 3) Розвиток зеленої логістики в інших країнах світу;
- 4) Формування ланцюга постачання вантажів та пасажирських перевезень на основі зеленої логістики за участю залізниці;
- 5) Формування екологічного критерію при перевезенні вантажів декількома видами транспорту;
- 6) Оцінка екологічного потенціалу логістичних концепцій;
- 7) Оцінка якості та система контролю забруднюючого впливу на довкілля при перевезенні вантажів різними видами транспорту;
- 8) Перспектива розвитку зеленої логістики.

Даний перелік не є вичерпним і може з часом розширюватися та вдосконалюватися.

Отже, впровадження на залізниці технологій зеленої логістики повинен базуватись на відповідній підготовці кадрів та допоможе за рахунок конкурентоспроможності зелених технологій підвищити рівень послуг та стати більш привабливою, як для Українських пасажирів та клієнтів залізниці, так і закордонних.

[1] Ломотько М.Д. Удосконалення технології доставки вантажів залізничним транспортом в умовах конкурентного середовища : дис. ... доктор філософії: 10.05.2024. Харків, 2024. 233 с.

[2] Зелена логістика: від змін у ланцюгах постачання до зменшення викидів. UTEC Logistics : веб-сайт. URL: <https://utec.ua/blog/zelena-logistika-vid-zmin-u-lantsyugah-postachannya-do-zmenschennya-vykidiv#:~:text=Зелена%20логістика%20передбачає%20використання%20екологічно,чистих%20технологій%20і%20видів%20палива> (дата звернення: 30.09.2024).

[3] Green logistics: definition, objectives, and example. *NOMADIA Smart Mobility Solutions* : веб-сайт. URL: <https://www.nomadia-group.com/in/resources/blog/green-logistics-definition-objectives-and-example/> (дата звернення: 30.09.2024).

[4] Ломотько М.Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2023. № 1. С. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.18664/iksz.v28i1.276347>

[5] Орестівна М.Н., Зеновіївна Б.У. Сучасні тенденції впровадження «зеленої» логістики. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2014. № 1. С. 279-286.

## СЕНСОРИ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЙОВИХ ДРОНІВ

Кожен з видів ройових дронів обладнується різними сенсорами, що відкриває можливості для забезпечення автономного керування, стабільності польоту, навігації та виконання різних завдань, таких як уникнення перешкод, картографування та взаємодія між декількома дронами. Кожен тип сенсора виконує унікальні функції, і їх поєднання дозволяє дрону адаптуватися до умов реального світу та працювати з високою точністю. Нижче буде наведено детальний опис основних сенсорів, що необхідні для роботи самого дрону та запровадження можливості його взаємодії з іншими дронами в зграї.

Гіроскопи та акселерометри є частиною інерційної вимірювальної системи, яка відповідає за рух та орієнтацію дрона в просторі. Гіроскопи відповідають за вимірювання кутових швидкостей (як швидко дрон обертається навколо своїх осей), тоді як акселерометри вимірюють лінійне прискорення (зміни швидкості та напрямку). Завдяки цим сенсорам, дрон може визначати кут власного нахилу в просторі, швидкості обертання або прискорення та здійснювати корекцію польоту, щоб залишатися стабільним. Наприклад, під час різких маневрів або при сильному вітру ці сенсори дають можливість зберегти рівновагу та стабільність у польоті. Отримані від цих сенсорів дані використовуються в алгоритмах контролю для коригування положення дрона в реальному часі.

Система GPS виступає одним із ключових сенсорів, чиїм основним завданням виступає забезпечення здатності дрона точно слідувати за заданим маршрутом і повертатися до базової станції в разі необхідності. Для рою дронів GPS дозволяє координувати місце розташування всіх апаратів, що є критичним для узгоджених польотів. Однак сам модуль GPS має одну значну проблему при застосуванні – в закритих просторах або під землею, де сигнал супутників обмежений чи зовсім недоступний, GPS перестає бути сенсором навігації в просторі та заміщується такими сенсорами дрона, як камери чи інерційні системи. Вищезазначені камери дрона відносяться до візуальних сенсорів, які забезпечують дрон можливістю “бачити” навколишнє середовище. По своїй структурі камери можуть бути як звичайними (кольоровими), так і інфрачервоними для роботи в умовах поганій освітленості. Камери, в основному, використовуються для пошуку та розпізнавання об’єктів й створення візуальних карт [1]. Камери використовуються в модулі керування, за допомогою

технологій комп'ютерного зору можна уникати перешкод, аналізуючи зображення в реальному часі та визначаючи потенційні загрози на шляху польоту. У випадку роботи з роями дронів, камери можуть використовуватися для відстеження позицій інших дронів у полі зору, що дозволяє уникати зіткнень іншими дронами, навіть якщо сусідні дрони не бачать загрози зіткнення чи не оснащені модулем розпізнавання об'єктів [2].

Опціональними, але не менш важливими в певних обставинах сенсорами, виступають лазери, ультразвукові та інфрачервоні сенсори.

Лідар (активний далекомір оптичного діапазону) використовує лазерні промені для вимірювання відстані до об'єктів у навколишньому середовищі. Лідар випромінює лазерний імпульс і фіксує час його повернення після відбиття від об'єкта. На основі цих даних створюється тривимірна модель місцевості [3].

Ультразвукові сенсори функціонують за принципом ехолокації, подібно до того, як це роблять кажани, що дозволяє дронам оцінювати відстань до найближчих перешкод. Інфрачервоні сенсори використовують теплові випромінювання для виявлення об'єктів або перешкод, що знаходяться поблизу дрона. Вони можуть використовуватися для уникнення перешкод і створення теплових карт.

Для взаємодії з іншими дронами в рої використовуються комунікаційні сенсори (Wi-Fi, радіочастотні модулі) [4]. Комунікаційні сенсори дозволяють дрону обмінюватися даними з наземними станціями або іншими дронами. Наприклад, радіочастотні модулі або Wi-Fi-системи забезпечують зв'язок між дроном і оператором, передаючи дані про його стан, позицію та виконання завдань. Для роїв дронів такі сенсори дозволяють дронам обмінюватися інформацією один з одним, що є критичним для узгоджених дій і уникнення зіткнень.

Таким чином, кожен тип сенсора виконує специфічні функції, і їхня інтеграція забезпечує можливість автономного польоту, навігації, уникнення перешкод та виконання складних завдань у різних умовах. Використання кількох типів сенсорів дозволяє дронам адаптуватися до мінливих умов і забезпечувати надійну роботу навіть у складних середовищах.

**Перелік посилань.** 1. Swarm Robotics: A Formal Approach / Heiko Hamann, 2018, 224 с. 2. Artificial Intelligence for Autonomous Networks (Chapman & Hall/CRC Artificial Intelligence and Robotics Series) / Yuh-Shyan Chen та Chun-Chieh Wang, 2020, 392 с. 3. Introduction to Autonomous Robots / Nikolaus Correll та ін., 2022, 288 с. 4. Cooperative Control of Multi-Agent Systems: A Consensus Region Approach

(Automation and Control Engineering) / Zhongkui LiZhongkui Li, 2014, 262 с.

#### УДК 656.223

*докт. техн. наук Д.В. Ломотько<sup>1</sup> О.О. Нестеренко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Український державний

*університет залізничного транспорту (м.Харків)*

### НАПРЯМКИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА УЧАСТІ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

Удосконалення транспортно-експедиційної роботи з контейнерними вантажами в Україні є важливим аспектом для підвищення ефективності транспортної системи, оптимізації витрат і покращення обслуговування клієнтів. Ось кілька можливих напрямків для покращення:

#### **Оптимізація логістичних ланцюгів:**

Злагоджена координація: Підвищення взаємодії між різними ланками логістичного ланцюга (портами, залізницями, автомобільними перевізниками). Єдина транспортна система може бути розглянута як сукупність шляхів сполучення технічних засобів і пристроїв усіх видів транспорту [1].

Покращення інфраструктури, на сьогодні більшість об'єктів залізничної інфраструктури потребують ремонту і модернізації, удосконалення технологічних процесів[2]. Модернізація портової інфраструктури для забезпечення швидшого та ефективнішого оброблення контейнерів. Ремонт та реконструкція важливих транспортних маршрутів для забезпечення безперебійного та швидкого перевезення.

Впровадження нових технологій, типу RFID: Технологія RFID значною мірою вплине на швидкість і точність операцій з контейнерами, підвищить ефективність роботи козлових кранів та контейнерного терміналу в цілому, завдяки зменшенню часу роботи козлового крану, раціоналізації переміщень по терміналу та скороченню персоналу який проводить облік контейнерів [3].

#### **Транспарентність:**

Забезпечення прозорості у процесі перевезень і можливість клієнтам відстежувати свої вантажі в реальному часі є важливими для підвищення довіри і задоволення клієнтів. Впровадження сучасних технологій, автоматизація процесів, створення зручних платформ для відстеження і забезпечення високого

рівня безпеки даних сприяють поліпшенню якості обслуговування і підвищенню ефективності бізнесу.

**Зниження викидів:** Впровадження екологічних норм та стандартів для зменшення викидів від транспорту. Екологічні ініціативи «зеленої» логістики є оптимізація специфічних витрат, пов'язаних із змінами клімату, забрудненням повітря, води і ґрунту, впливом шуму тощо. Контейнерні та контрейлерні перевезення порівняно з традиційними способами доставки на сьогодні є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики [4].

**Оптимізація маршрутів:** Використання аналітики для оптимізації маршрутів та зменшення витрат пального. Оптимізація маршрутів є комплексним процесом, що включає збирання і аналіз даних, використання аналітичних інструментів, інтеграцію з сучасними технологіями та постійне вдосконалення. Це дозволяє значно зменшити витрати пального, покращити ефективність транспортних операцій і підвищити загальну продуктивність логістичних процесів.

**Професійний розвиток кадрів:** Підвищення кваліфікації персоналу в сфері транспортно-експедиційної діяльності та використання новітніх технологій. Це дозволить компаніям не тільки підтримувати конкурентоспроможність, але й впроваджувати інновації, які підвищують продуктивність і знижують витрати.

**Співпраця з міжнародними партнерами:** Участь у міжнародних угодах та стандартах для забезпечення узгодженості з глобальними практиками.

Запровадження цих ініціатив може допомогти Україні підвищити ефективність логістичних операцій та конкурентоспроможність у сфері контейнерних перевезень, що позитивно вплине на економіку країни та покращить рівень обслуговування на транспорті.

## Література

1. Примаченко Г. О., Машуренко Т. М., Сілянський В. А., Слободянюк О. П. Дослідження ефективності взаємодії різних видів транспорту із залізничним в Україні / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : тези стендових доповідей та виступів учасників 36-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 16-17 листопада, 2023 р.). – 2023. – № 3 (додаток). – С. 5-6.

2. Продашук С. М., Шапатіна О. О., Троян Д. О., Квасов П. В., Ляшко Ю. А. Удосконалення технології переробки контейнерів у сучасних умовах / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2023. – № 4. – С. 71-77.

3. Лаврухін О. В., Куліш Ю. В. Удосконалення технології переробки контейнерів за допомогою систем RFID / Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. - 2022. - Вип. 23. - С. 25-28.

4. Ломотько М. Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2023. – Т. 28. № 1. – С. 44-51.

UDC 656.256

*Nerubatskyi V. P., PhD, Associate Professor  
Hordiienko D. A., Senior engineer  
Ukrainian State University of Railway Transport  
(Kharkiv)  
Private JSC «ELAKS» (Kharkiv)*

## IMPLEMENTATION OF AN INTERVAL ROLLING STOCK TRAFFIC CONTROL SYSTEM BASED ON A DIGITAL RADIO CHANNEL

Interval control systems are designed to ensure the safety of rolling stock and increase the throughput of hauls and stations. At the moment, the main elements of such systems are rail circuits, with the help of which the vacancy of track sections is determined, the integrity of the rail threads is monitored, and a telemechanical channel is organized for transmitting automatic locomotive signaling signals [1]. In accordance with statistical data, the share of failures of track circuits is about 20 % of all failures of railway automation and remote control systems. The disadvantages of rail circuits also include their high material consumption and cost, significant operating costs for their maintenance, significant dependence on climatic conditions, conductive properties of ballast and sleeper insulation, exposure to traction current, etc. [2].

An alternative to traditional interval control systems with track circuits can be systems based on the use of a digital radio channel and satellite navigation [3]. Automatic locomotive signaling using a radio channel allows you to transmit the following information to the



locomotive: route through the station (presence of deviations, types of arrows); permanent speed restrictions related to the profile, grades or condition of the track; indications of the nearest traffic light in the direction of travel; number of free blocks ahead (up to 10); coordinates of the location of the locomotive along sections of the track; distance to the prohibiting signal; temporary speed limits; control commands linked to the location of the locomotive on sections of the track; command to force the train to stop.

The system has two main types of communication channels between floor devices and the locomotive. The first includes radio channels equipped with radio modems with corresponding antennas, which are located at stations and on the stage, where information from track devices is converted into the input signal of the radio modem using floor devices. At the same time, the Galileo satellite navigation system is used in automatic locomotive signaling using a radio channel. The second type of communication channels is implemented using a floor-mounted track transponder and a track and speed sensor. The receiver of the signal from the track

transponder is the locomotive feed-receiver. The track transponder devices and the feed-receiver a point-to-point channel system for transmitting information to the locomotive from floor-mounted equipment.

All information received by the locomotive is transmitted to the equipment complex. Using a point-to-point communication channel, telegrams containing unique numbers associated with markers of the topological database of track sections are transmitted to the locomotive. After appropriate transformations, the output signals are sent to the train driver's console and to the existing equipment.

A generalized functional diagram of devices for a point communication channel with a locomotive is shown in Fig. 1. A high-frequency alternating voltage signal from generator is transmitted through a current resistor  $R_i$  to the locomotive antenna and is then induced in the track antenna due to the presence of mutual inductance between locomotive antenna and track antenna. The voltage drop across the resistor  $R_i$  depends on the amount of current entering locomotive antenna.

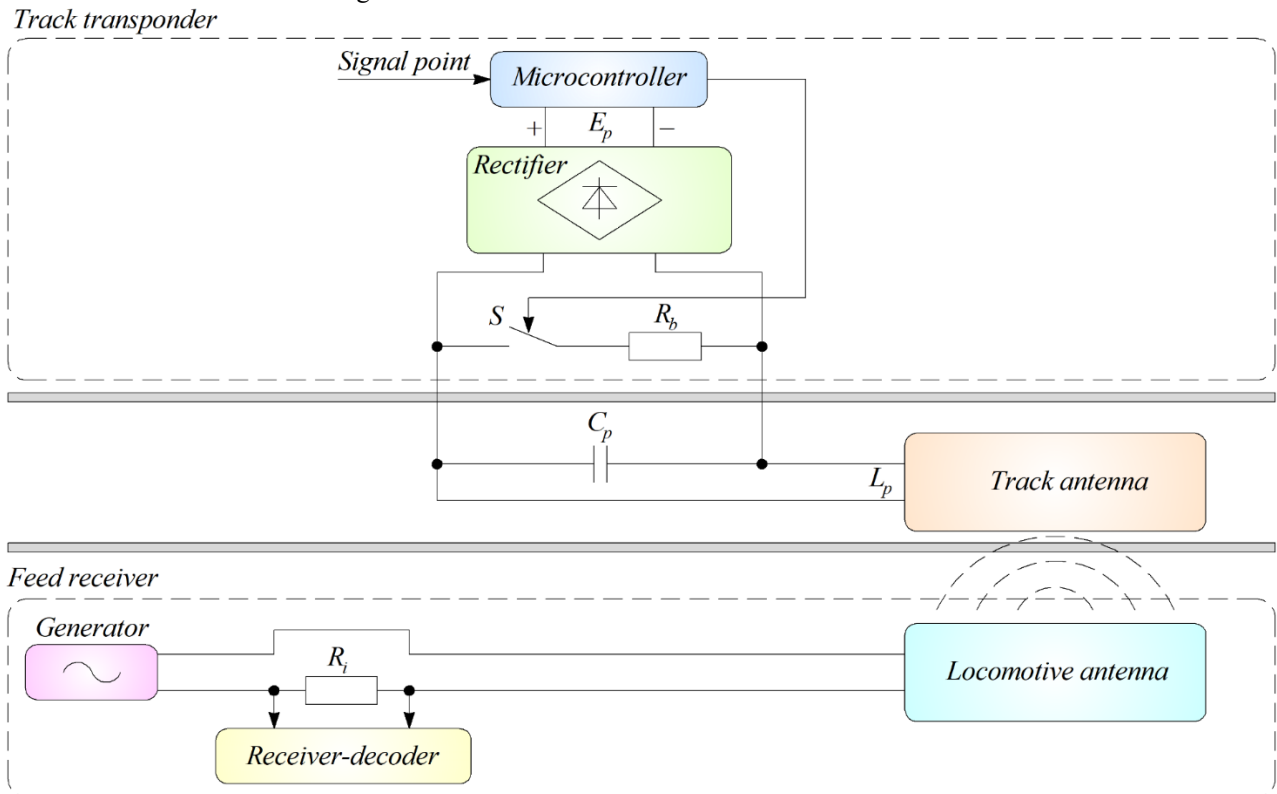


Fig. 1. Diagram of a point communication channel with a locomotive

Changes in the voltage drop are received at the input of the receiver-decoder. The track antenna together with the track transponder is located inside the rail track. This antenna, which has an inductance  $L_p$ , together with a capacitance  $C_p$ , forms a circuit whose resonant frequency corresponds to the frequency of the alternating voltage of

the generator. The voltage from the resonant circuit through the rectifier, which also contains a voltage stabilizer, is supplied to the supply inputs  $E_p$  of the microcontroller.

When a corresponding inductive connection appears between the locomotive antenna and the track antenna, a voltage  $E_p$  appears on the microcontroller,

which causes it to turn on. Upon receiving information from the traced signal point, the information switch, controlled according to the corresponding coding law performed by the microcontroller, bypasses the resonant circuit  $L_p C_p$  with resistor  $R_b$ . With a sufficiently strong inductive coupling between locomotive antenna and track antenna, this causes informationally identical changes in the current flowing through the resistor  $R$ ; in the feed receiver, which are transmitted to the input of the information decoder receiver.

The inductive coupling between the locomotive and track antennas ensures the transmission of an electromagnetic signal in two directions, according to which the device implements the following functions: energy transfer for power supply microcontroller and transmission of information from the track transponder to the locomotive. This establishes a certain independence of the functioning of the point communication channel with the locomotive from the principles of implementing the circuits of the track signaling, centralization and blocking devices, since the power supply of microcontroller is carried out from the locomotive equipment.

Thus, the use of such radio blocking on stages will make it possible to almost completely eliminate the laying of expensive cables for signaling, centralization and blocking as well as communications (notification wires, direction change circuits, linear, etc.), installation of traffic lights and track circuit equipment. This will save significant amounts of money on investments in railway transport infrastructure.

1. Kostrzewski M., Melnik R. Condition monitoring of rail transport systems: a bibliometric performance analysis and systematic literature review. *Sensors*. 2021. Vol. 21, No. 14. 4710. DOI: 10.3390/s21144710.

2. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Syniavskyi A. V., Philipjeva M. V. Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. *Modern engineering and innovative technologies*. 2022. Issue 19. Part 1. P. 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.

3. Kliuiev S., Medvediev I., Mikhailov E., Semenov S., Dubuk V. Geo-information technologies in the rail transport intellectualization. 2021 *IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. 2021. P. 198–201. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648644.

УДК 620.18

*Нерубацький В. П., к.т.н., доцент,  
Геворкян Е. С., д.т.н., професор  
(УкрДУЗТ)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПРИ СТВОРЕННІ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ ТА МОНОКАРБІДУ ВОЛЬФРАМУ

Новітній етап розвитку науки, техніки та технологій знаменується значними досягненнями у галузі створення композиційних матеріалів. У сучасних розробках високих технологій змішування компонентів на молекулярному рівні та створення композиційних матеріалів з дисперсними, нанорозмірними та волокнистими включеннями є основною тенденцією керамічного матеріалознавства [1, 2].

Застосування сучасних способів консолідації керамічних матеріалів та поєднання методів синтезу органічної та неорганічної хімії, золь-гель методу та механохімії, що дозволяють контролювати процеси синтезу заданих фаз на молекулярному рівні, дає можливість створювати вискоелективні композиційні матеріали [3, 4].

У роботі представлено результати створення консолідованих наноматеріалів та композиційної кераміки з використанням сучасних способів консолідації керамічних матеріалів для синтезу прекурсорів порошків та заданих фаз, що самоармують керамічні матриці. Під час проведення дослідження використовувалися методи механосинтезу та електроконсолідації [5, 6]. Встановлено, що механохімічний синтез наночастинок  $\beta$ -SiC в нанореакторах зі створеного орґано-неорґанічного комплексу  $(-CH_3)-(SiO_2)_n$  при модифікуванні порошків тугоплавких наповнювачів і вуглецевих зв'язок алкоксидом кремнію та гелями на його основі дають змогу створювати композиційні матеріали на основі SiC, WC, ZrO<sub>2</sub> з міцністю при згині не менше 650 МПа і тріщиностійкістю 6,5...7,9 МПа·м<sup>0,5</sup>, а також вискоелективності до окислення і шлакостійкі периклазовуглецеві матеріали.

Методом гарячого пресування (температура 1200...1400 °С, швидкість підйому температури 400 °С/хв) було отримано наноматеріал ZrO<sub>2</sub>-WC із суміші нанопорошків WC та ZrO<sub>2</sub>, які були синтезовані за рахунок розкладання цирконієвих солей [7]. Встановлено, що додавання нанопорошків монокарбиду вольфраму до частково стабілізованого діоксиду цирконію призводить до підвищення мікротвердості та міцності, що, очевидно, пояснюється підвищенням міцності на міжфазних межах та дрібнозернистою структурою отриманих зразків.

Зразки з розробленого матеріалу мали тріщиностійкість 10...15 МПа·м<sup>0,5</sup>, твердість

22...24 ГПа, теплопровідність 30...35 Вт/м. З проведених досліджень випливає, що добавки алкоксиду кремнію та нанопорошків монокарбиду вольфраму до тугоплавких оксидів і карбідів призводять до підвищення механічних властивостей, що, очевидно, пояснюється підвищенням міцності на міжфазних межах та дрібнозернистою структурою отриманих зразків. Ймовірно, що їхній спільний вплив може призвести до ще більшого збільшення механічних характеристик композиційних матеріалів.

#### Список використаних джерел

1. Bernardo E., Fiocco L., Parcianello G., Storti E., Colombo P. Advanced ceramics from preceramic polymers modified at the nano-scale: A review. *Materials*. 2014. Vol. 7, Iss. 3. P. 1927–1956. DOI: 10.3390/ma7031927.
2. Parveez B., Kittur M. I., Badruddin I. A., Kamangar S., Hussien M., Umarfarooq M. A. Scientific advancements in composite materials for aircraft applications: A review. *Polymers*. 2022. Vol. 14. 5007. DOI: 10.3390/polym14225007.
3. Barbaros I., Yang Y., Safaei B., Yang Z., Qin Z., Asmael M. State-of-the-art review of fabrication, application, and mechanical properties of functionally graded porous nanocomposite materials. *Nanotechnology Reviews*. 2022. Vol. 11. P. 321–371. DOI: 10.1515/ntrev-2022-0017.
4. Kołodzyńska D., Budnyak T. M., Hubicki Z., Tertykh V. A. Sol-gel derived organic-inorganic hybrid ceramic materials for heavy metal removal. *Sol-Gel Based Nanoceramic Materials: Preparation, Properties and Applications*. 2016. P. 253–274. DOI: 10.1007/978-3-319-49512-5\_9.
5. Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Rucki M., Kilikevicius A., Mamalis A. G., Samociuk W., Morozow D. Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 100–113. DOI: 10.56801/nano-ntp.v20i1.363.
6. Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Hordiienko D. A., Nazyrov Z. F., Komarova H. L. Investigation of phase and structural states in nanocrystalline powders based on zirconium dioxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1277–1282. DOI: 10.1063/10.0021374.
7. Nerubatskyi V. P., Gevorkyan E. S., Vovk R. V., Krzyśiak Z., Nazyrov Z. F., Morozova O. M., Hordiienko D. A. Peculiarities of obtaining nanocomposites with organic additives and consolidated nanomaterials with given properties. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1283–1288. DOI: 10.1063/10.0021375.

#### УДК 656.2.022

канд. техн. наук Л.О. Пархоменко<sup>1</sup>, канд. техн. наук В.М. Прохоров<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук Т.Ю. Калашиківа<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Український державний інверситет залізничного транспорту (м. Харків)

### НЕЧІТКА ЛОГІКА ДРУГОГО ТИПУ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І РИЗИКІВ

Нечітка логіка другого типу є ефективним інструментом для вирішення завдань управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту в умовах невизначеності. Вона надає більш гнучкий та адаптивний підхід порівняно з традиційними методами, оскільки дозволяє моделювати невизначеність не лише щодо значень змінних, але й щодо самих нечітких множин, які ці змінні описують. Це особливо актуально для задач, де ступінь невизначеності є високою або дані мінливі, що часто зустрічається у процесах планування ресурсів, таких як управління вагонопотоками, технологічне нормування, прогнозування показників чи управління обмеженими ресурсами.

У нечіткій логіці першого типу кожне правило використовує нечіткі множини, які задаються функціями приналежності, наприклад, "низький", "середній", "високий". Ці множини мають чітко визначені межі. Однак нечітка логіка другого типу додає ще один рівень невизначеності: самі функції належності можуть бути нечіткими, тобто їх межі не є зафіксованими, що дозволяє враховувати додаткову невизначеність щодо можливих змін значень [1]. Це особливо корисно, коли неможливо отримати точні прогнози, а припущення містять значну похибку.

Наприклад, у задачі управління подачею вагонів для клієнта ми можемо бути не впевнені не лише у точному попиту, але й у самих прогнозах цього попиту. Якщо очікується, що попит буде "високим", але межі поняття "високий попит" не є точними, нечітка логіка другого типу дозволяє варіювати ці межі, зберігаючи гнучкість у прийнятті рішень. Уявімо, що "середній" попит зазвичай становить від 50 до 70 вагонів, але з використанням нечіткої логіки другого типу ці межі можуть коливатись, скажімо, від 45 до 75 вагонів. Це дає можливість врахувати невизначеність не тільки в конкретних даних, але й у самих прогнозах.

Модель нечіткої логіки другого типу дозволяє встановлювати правила, які адаптуються до невизначеності. Наприклад, якщо прогнозується приблизно високий попит, але точність прогнозу

середня, можна резервувати більше вагонів. Якщо прогноз менш точний або попит виявляється середнім, резервування здійснюється більш обережно. Цей механізм дає змогу приймати рішення, що враховують розмитість як самих даних, так і оцінок прогнозів.

Ключова перевага нечіткої логіки другого типу полягає в тому, що вона дозволяє враховувати невизначеність двох рівнів: як у змінних, так і у функціях належності. Це робить її надзвичайно корисною для задач з високою мінливістю даних, таких як прогнозування попиту на залізничні ресурси чи управління запасами вагонів. У порівнянні з класичними методами, які прагнуть до отримання точних значень, нечітка логіка другого типу надає широкий діапазон можливих рішень, що зменшує ризик неправильних дій у непередбачуваних ситуаціях.

Математично нечітку логіку другого типу можна описати через функції приналежності другого типу, які задаються діапазоном можливих значень для кожної змінної. Кожна функція приналежності нечіткого множини другого типу має верхню і нижню границі, що дозволяє моделювати невизначеність у самих границях функцій. Це розширює можливості прийняття рішень у задачах управління експлуатаційною роботою, де зміни можуть відбуватись швидко та непередбачувано.

Застосування нечіткої логіки другого типу в управлінні залізничними ресурсами дозволяє створювати більш гнучкі та надійні стратегії планування, які враховують всі можливі варіації даних та зменшують ризики у випадку їх неточності. Такий підхід особливо корисний у ситуаціях, коли дані можуть змінюватись або прогнозовані значення важко точно визначити, що дозволяє забезпечити надійніше та ефективніше управління експлуатаційною роботою в умовах невизначеностей і ризиків.

[1] Mittal K., Jain A., Vaisla K. S., Castillo O., Kacprzyk J. A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present and future. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2020. 95(1). 103916. DOI: 10.1016/j.engappai.2020.103916.

УДК 656.2; 62-5

*Кандидати техн. наук С.М. Продацюк, Г.С. Бауліна, Г.Є. Богомазова, аспірант М.В. Продацюк  
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМІНАЛУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Контейнерні термінали є невід'ємною частиною транспортної інфраструктури залізниць та відіграють важливу роль у забезпеченні успішного транспортного процесу. Сьогоднішній рівень переробки контейнерів на терміналах не задовольняє у повній мірі зростання попиту на якісні транспортні послуги та вимоги всіх учасників транспортно-виробничого ланцюга транспортування вантажу. Залізниці та інші суб'єкти транспортного процесу мають збитки через непродуктивні простой контейнерів і навантажувально-розвантажувальних машин (НРМ) на контейнерних терміналах та збільшення експлуатаційних витрат через військові події (блекаут, повітряна тривога, руйнування та ін.).

Для ліквідації незбалансованості операційної завантаженості ресурсів контейнерного терміналу в [1] розглянуто рішення щодо інноваційного режиму планування та оптимізації операції розвантаження. У роботі [2] запропоновано двоетапну модель розподілу площ для зберігання з метою мінімізації її обсягів, яка враховує технологію штабелювання й обсяги надходження та відправлення контейнерів. Наведено алгоритм моделювання відпалу на основі евристики (SAAH) і вдосконалений евристичний алгоритм на основі рухомого горизонту (HARH). Але в моделі враховані обмеження тільки за часом та вагою і не взято до уваги технічне оснащення контейнерного терміналу. Для оптимальної організації контейнерних перевезень у дослідженні [3] сформовано ризик-орієнтовану технологію управління роботою припортової станції та порту. При цьому було враховано ризики виникнення втрат станції та порту через настання ризикових подій, не враховуючи оптимального технічного оснащення контейнерного терміналу.

За таких умов було розроблено стохастичну модель визначення оптимальної технології функціонування контейнерного терміналу з метою мінімізації як експлуатаційних витрат так і фінансових втрат, що безпосередньо пов'язані з переробкою контейнерів. Для формалізації технології роботи терміналу застосовано теорію управління запасами. Цільова функція моделі визначення оптимальної технології функціонування контейнерного терміналу враховує витрати на зберігання контейнерів, ризик фінансових втрат від простою НРМ (річстакерів) та витрати на переробку контейнерів. При формуванні моделі враховано оптимальну переробну спроможність контейнерного терміналу з оптимальним технічним оснащенням і певними параметрами роботи. Визначено час на виконання вантажних операцій з контейнерами *i*-го

типу на контейнерному терміналі, час на виконання маневрових операцій та час роботи НРМ при обробці контейнерів  $i$ -го типу.

Для моделювання фінансових втрат, пов'язаних з можливістю настання небажаних подій було використано поняття ризику. При цьому було враховано ризик виникнення втрат при простоях НРМ через настання ризикових подій, що загрожують стабільній та безпечній роботі контейнерного терміналу. До ризикових подій запропоновано віднести пошкодження і технічні несправності НРМ та їх неробочий стан у зв'язку з блекаутом, повітряною тривоною.

При визначенні величини ризику фінансових втрат враховано випадковий характер досліджуваних складових. Використано поліноміальний закон розподілу та функцію щільності розподілу Ерланга 2-го порядку. Врахування таких параметрів в математичній моделі дає можливість оцінити втрати та збитки, що можуть виникнути при виконанні технологічних операцій з контейнерами, а також в процесі їх зберігання. Запропонована технологія може бути використана у подальшому при проектуванні нових контейнерних терміналів та при модернізації існуючих.

1. Zhang P. Innovative Application of Container Terminal Operation Improvement. Proceedings of the 2nd International Symposium on Social Science and Management Innovation (SSMI 2019). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 375, 2019. P. 340-345. DOI: [10.2991/ssmi-19.2019.57](https://doi.org/10.2991/ssmi-19.2019.57)
2. Chang Y., Zhu X. A Novel Two-Stage Heuristic for Solving Storage Space Allocation Problems in Rail-Water Intermodal Container Terminals. *Symmetry*. 11 (10), 2019. P. 1229. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11101229>
3. Baulina N., Bohomazova N., Prodashchuk S. Technological proposal for the attention of the risk in the management of the work of a railway station with a port. *Revista de la Universidad del Zulia*. 14 (39), 2023. P. 400-414. DOI: <http://dx.doi.org/10.46925/rdluz.39.22>

УДК 629.463.027.27-048.35

К.т.н., В. Г. Равлюк<sup>1</sup>, к.т.н., В. В. Бондаренко<sup>1</sup>, Я. В. Дерев'янчук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА ШЛЯХУ ПРЯМУВАННЯ ПОЇЗДА

В умовах експлуатації механічну частину

гальма перевіряють в основному візуально під час технічного обслуговування на дільничних станціях, а також в пунктах формування і обороту.

Перевірка пневматичних гальм (ПГ) вимагає джерела якісного стисненого повітря, яке подається від локомотива до пасажирських вагонів. Для перевірки електропневматичних гальм (ЕПГ) необхідно крім стисненого повітря подати електричну напругу з заданими параметрами (полярність, рід струму тощо). Перевірку ПГ і ЕПГ здійснюють після формування поїзда в експлуатаційному підрозділі приписки пасажирських вагонів перед його відправленням в рейс. Також передбачена перевірка оглядачами-ремонтниками вагонів (ОВР) на дільничних станціях, де є пункти технічного обслуговування пасажирських вагонів (ЛПТО). У пунктах формування й обороту пасажирського состава виконується повне випробування гальм, а на шляху прямування скорочене, що забезпечує безпеку руху [1-3].

На шляху прямування поїзда для зменшення часу його простою, виконують скорочене випробування гальм з метою перевірки дії гальм за двома останніми вагонами. Недоліком повного та скороченого випробувань є дискретність отриманих значень під час роботи гальма (загальмований або попущений стан). Ці випробування не дають можливості визначити тиск у гальмовому циліндрі (ГЦ), час його наповнення стисненим повітрям і випуску його в атмосферу відповідно за умови гальмування та попуску гальм. Також здійснити контроль за параметрами тиску в гальмовій магістралі та ГЦ, роботою ПГ і ЕПГ під час руху поїзда.

На шляху прямування пасажирського поїзда роботу гальм контролює: локомотивна бригада, начальник поїзда (ЛНП), поїзний електромеханік (ПЕМ) і провідники вагонів у межах своїх обов'язків.

Запропоновано застосовувати діагностичну систему гальм вагонів, яка дасть можливість виявляти несправності й забезпечити рух поїздів. Накопичена інформація про технічний стан вузлів гальмового обладнання передається в електронну базу даних (рис. 1). Діагностична система за допомогою звукового і світлового сигналу повідомляє про технічні несправності вузлів гальмового обладнання. Інформація стосовно несправностей вузлів передається за провідними (LAN) і безпроводними (WLAN) мережами зв'язку до штабного вагона, локомотивної бригади і оператора автоматизованого робочого місця (АРМ) ЛПТО. Який повідомляє оглядачів-ремонтників вагонів про несправність гальм вагона. А вони в свою чергу приймають технічні рішення щодо ліквідації несправностей для зменшення часу простою



пасажирського поїзда на дільничній станції.

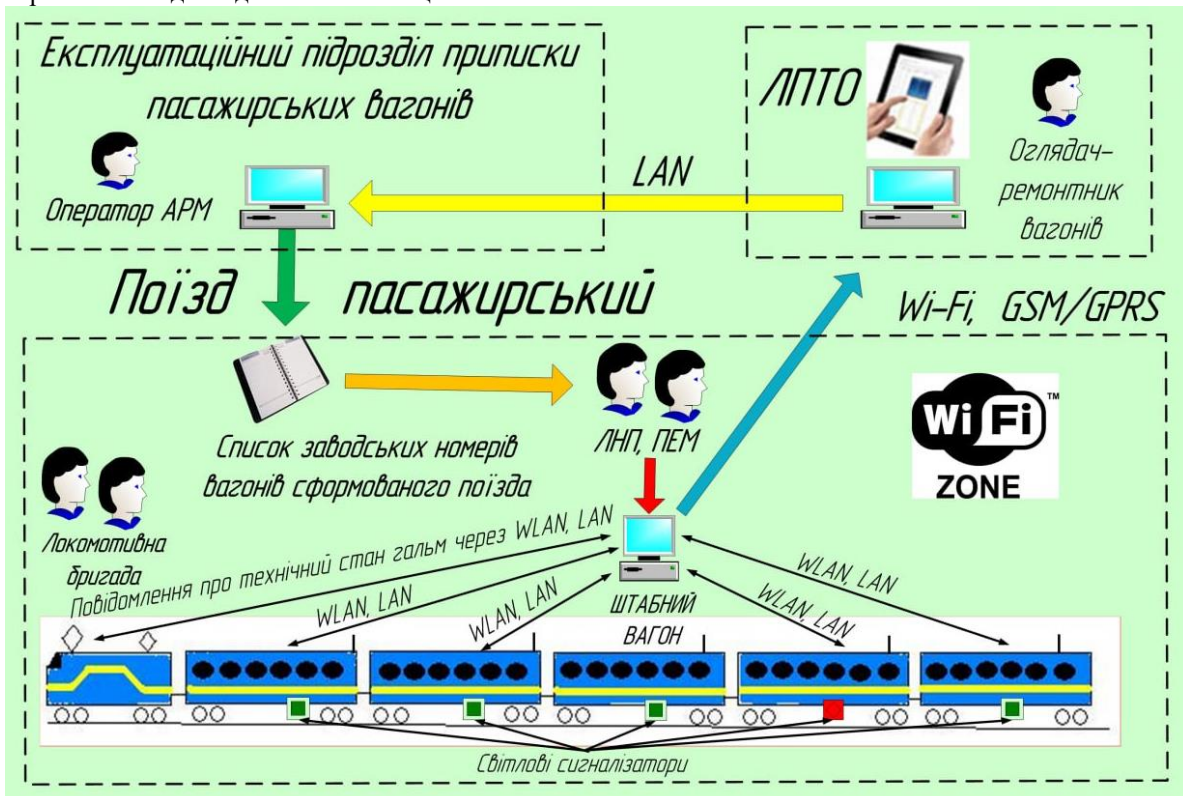


Рис. 1. Діагностична система дистанційного контролю гальм пасажирського поїзда

Запропонована система дасть можливість: контролювати величину та полярність напруги на робочому проводі ЕПП вагона; контролювати тиск повітря в гальмовій магістралі і ГЦ відповідно до режиму роботи гальм; контролювати кількість спрацювань ПГ і ЕПП вагона з подальшою реєстрацією даних в електронній базі для можливості прогнозування ресурсу вузлів; забезпечити міжремонтні терміни та ремонтувати елементи гальмової системи пасажирського вагона за існуючим технічним станом і унеможливити рух пасажирських поїздів.

[1] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниці від 28.10.1997. № 264-Ц. Київ : 2004. 146 с.

[2] Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом: СТІ 04 – 010:2018: затв. нак. АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 р. №519. 2018. 25 с.

[3] Ravluyk V., Derevianchuk I., Afanasenko I., Ravluyk N. Development of electronic diagnostic system for improving the diagnosis reliability of passenger car brakes. Eastern-European Journal of Enterprise

Technologies. 2016. 2(9(80)). P. 35–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.66007>

УДК 658.7:004.78

д.т.н. Ю.О. Романенков<sup>1</sup>,  
к.е.н. В.В. Манівчук<sup>2</sup>,  
А.М. Пусан<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет  
радіоелектроніки

<sup>2</sup>Державне підприємство обслуговування  
повітряного руху України

## КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РОБАСТНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Побудова ефективних логістичних систем в умовах сучасної України є не тільки актуальним державницьким завданням, але й стратегічним завданням для багатьох суб'єктів економічної діяльності, для яких його успішне рішення є необхідною умовою економічного існування. При цьому, вочевидь, відбувається неминучий дрейф від парадигми побудови оптимальних логістичних систем в бік систем стійких, надійних, робастних. Термін «робастність» відносять як до об'єктів

управління, так і до систем управління [1]. Робастність – це ступінь здатності системи або процесу відновлюватися у разі виникнення помилкових ситуацій як зовнішнього, так і внутрішнього походження або збереження якісної працездатності у широкому діапазоні змін внутрішніх та зовнішніх факторів.

Звичайно ступінь робастності логістичної системи або бізнес-процесу тісно пов'язана з надійністю, стійкістю та чутливістю цих об'єктів, отже не може визначатися як їх єдина цільова критична характеристика. Окрім цього, сама властивість «робастності» може характеризуватися декількома показниками, залежно від того, яка саме модель буде побудована для логістичного бізнес-процесу. Тому для моделювання таких об'єктів може бути застосований математичний апарат згортки параметрів, в тому числі каскадної.

Для аналізу таких моделей можуть бути використані такі графоаналітичні конструкції, як радіально-метричні [2] та нормовані діаграми [3].

Радіально-метрична або пелюсткова діаграма задає  $n$ -мірний метричний простір, в якому оцінюється об'єкт, де  $n$  – кількість метрик  $p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , які відображаються у вигляді пелюсток (рис. 1).

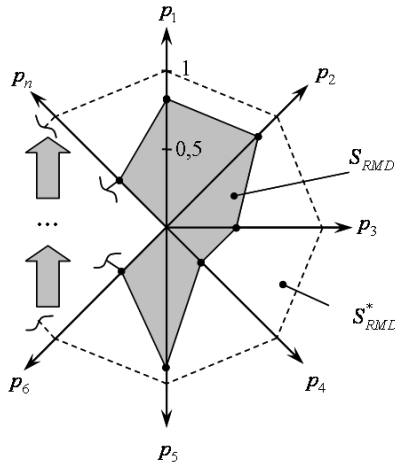


Рис. 1. Загальний вигляд вид радіально-метричної або пелюсткової діаграми

Нормована діаграма являє собою стовпчасту діаграму метрик  $p_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , за якими оцінюється об'єкт, при цьому ширина окремого стовпця чисельно дорівнює відповідному коефіцієнту вагомості  $\alpha_i$   $i$ -ї метрики (рис. 2).

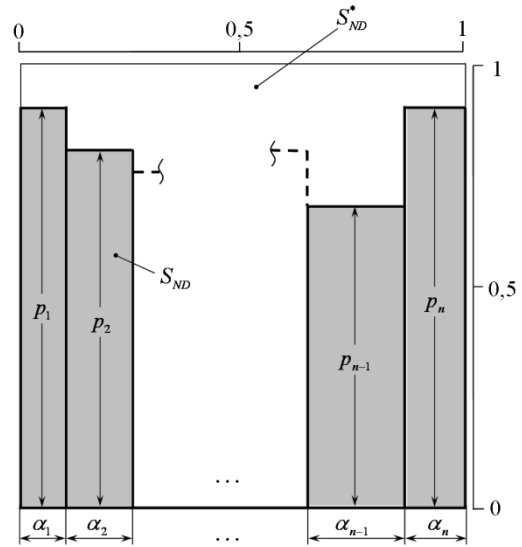


Рис. 2. Загальний вигляд вид нормованої діаграми

Використання апарату нормованих діаграм дає можливість моделювати агреговані показники різного ступеня вкладеності, а також формалізувати оптимізаційні задачі, як показано, наприклад, у [4] або [5].

Також слід відмітити, що деякі логістичні бізнес-процеси за своєю природою багаторівневі, тобто показники, які їх характеризують мають агреговану сутність.

Таким чином, для моделювання логістичних бізнес-процесів в ході вирішення завдань забезпечення робастності логістичних систем бачиться перспективним використання апарату графоаналітичних засобів, зокрема нормованих діаграм. Це дає можливість не тільки для формалізації завдань управління у випадку, якщо стан системи або її ефективність визначаюся моделями агрегованої згортки, але й мати графічний інструмент аналізу таких моделей.

Список літератури:

1. Ніколаєв І.В. Інформаційні системи в логістичному менеджменті : навчальний посібник / І. В. Ніколаєв. – Кропивницький : Вид. ЦНТУ, 2018. – 232 с.
2. Пасічник В.В. Процедури оцінювання якості електронних навчальних ресурсів з використанням пелюсткових діаграм / В.В. Пасічник, В.Л. Юнчик, А.А. Федонюк // Інформаційні системи і мережі: Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2022. №11. С. 87-102.
3. Романенков Ю.А. Средства инфографического анализа агрегированных показателей многомерных объектов и систем / Ю.А. Романенков, В.М. Вартанян, Ю.Л. Прончаков, Т.Г. Зейниев // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 157-165.



4. Романенков Ю.О. Графоаналітична модель ефективності бізнес-процесів організації / Ю.О. Романенков, В.М. Варганян, Т.Г. Зейнієв // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2014): XII міжнародна науково-практична конференція, 19-21 листопада 2014 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 202-203.
5. Романенков Ю.А. Матричний метод оцінки рівня відносної ефективності ієрархічної системи бізнес-процесів в організації / Ю.А. Романенков, Т.Г. Зейнієв // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – Одеса: ОНАПТ, 2014. – № 4(20). – С. 121 – 129.

**УДК 004.91**

*Postgraduate student H. Svitenko,  
Scientific Supervisor – Doctor of Technical Sciences,  
Professor Yu. Romanenkov  
Kharkiv National University of Radio Electronics*

### **APPROACHES TO DETECTING BIAS AND MISINFORMATION IN THE CONTENT STREAM**

In the contemporary digital age, the Internet has become a dominant platform for the access and dissemination of information. While it offers rapid access to knowledge, it also facilitates the spread of unreliable and biased content. The massive volume of available data and the ease of publication have raised concerns about the reliability and objectivity of online information.

The Internet, particularly through news portals, social networks, and platforms such as YouTube, has become a primary source of news and information for a significant proportion of the population. While the internet offers users the ability to access a vast array of perspectives in a relatively short period of time, it is also being increasingly exploited for the dissemination of misinformation, fraudulent data, and political propaganda. Information can be distorted by both malevolent actors with self-serving motives and by ordinary users who spread inaccurate data from unverified sources unknowingly. The dissemination of misinformation has the potential to impact social, political, and economic stability. The detection of fake news remains a challenging issue due to its resemblance to truthful content, which makes it difficult to verify its accuracy.

This report delves into the reliability and objectivity of information available on the internet by analyzing several academic studies that use various theoretical and practical approaches. The review enables the

identification of key methods for distinguishing between reliable, impartial information and misleading or manipulated data.

In the paper "The Analysis of Reliability and Objectivity of Information That Can Be Found on the Internet" [1], the authors put forth an application of Shannon's law of entropy, a concept from information theory that measures unpredictability or disorder, to assess the growing issue of "information chaos". The resulting chaos is the consequence of the considerable quantity of disorganized and frequently unreliable data that is disseminated in digital environments. The article addresses the challenge of distinguishing between authentic, factual information and data that is biased, false, or otherwise manipulated. In the article, a graphical model is introduced as a means of visually depicting the manner in which unreliable information spreads across the internet.

Another article [2] employs a quantitative approach, developing a classification system for the detection of bias in online news media. This study employs entropy as a metric to gauge the consistency and predictability of information in news reporting. By analyzing how biased media presents information in patterns that deviate from objective reporting, the researchers were able to quantify the degree of bias and propose a system for evaluating the reliability of news content systematically.

In the study [3], the authors examine information disorder, classifying it into three categories: misinformation (false information spread without harmful intent), disinformation (deliberate falsehoods to manipulate for gain), and malinformation (accurate data used harmfully). The paper investigates the role of social media in amplifying false information, examining its potential impact on political processes and outcomes, including instances of electoral manipulation. To address this issue, the authors propose strategies such as enhancing media literacy, increasing social media transparency, and implementing fact-checking and regulatory frameworks.

The article, "Fake news, disinformation and misinformation in social media: a review" [4], examines the phenomenon of fake news, defined as fabricated stories intended to deceive for financial or political gain. The article discusses how social media algorithms and the viral nature of content facilitate the spread of falsehoods and examines psychological factors, such as confirmation bias and cognitive overload, that make users more vulnerable. Solutions proposed include algorithmic adjustments, media literacy programs, and collaboration with fact-checkers to limit the reach of fake news.

The theoretical approaches presented in articles [1] and [2] demonstrate promising methods for the systematic evaluation and quantification of information reliability through the use of entropy and information

theory. These methods provide a basis for the development of automated tools and algorithms capable of detecting bias and disorganization in digital information systems.

In contrast to the preceding articles, which consider theoretical models, articles [3] and [4] turn to the real-world implications of misinformation, with a particular focus on the role of social media in amplifying false information. Article [3] emphasizes the importance of establishing regulatory frameworks and implementing educational initiatives. Article [4], in contrast, focuses on psychological factors, such as confirmation bias and cognitive overload. The two articles present practical solutions, such as fact-checking and algorithmic adjustments, which complement the theoretical models with a more comprehensive, multifaceted approach to addressing information disorder.

It can be concluded that a promising direction for future research would be a combination or complexification [5] of quantitative models of bias detection with practical user guidelines. This hybrid approach would not only help users identify reliable information, but also facilitate the automation of the detection of bias and misinformation on a larger scale. This would provide a comprehensive solution to the issue of online information reliability.

#### References:

1. The Analysis of Reliability and Objectivity of Information That Can Be Found on the Internet / V.Voloshyn, I. Fedosova, V. Gonchar, O. Kalinin. // Information Modelling and Knowledge Bases XXXIV. – 2023. – С. 183–194.
2. An information theory approach to detect media bias in news websites / [V. Patricia Aires, J. Freire, F. Nakamura та ін.]. // Workshop Issues Sentiment Discovery Opinion Mining. – 2020. – №20. – С. 1–9.
3. Turcilo L. Misinformation, Disinformation, Malinformation: Causes, Trends, and Their Influence on Democracy / L. Turcilo, M. Obrenovic., 2020. – 38 с. – (Heinrich Böll Foundation).
4. Aïmeur E. Fake news, disinformation and misinformation in social media: a review / E. Aïmeur, S. Amri, G. Brassard. // Social Network Analysis and Mining. – 2023. – С. 1–36.
5. Complexification methods of interval forecast estimates in the problems on short-term prediction / Yu. Romanenkov, M. Danova, V. Kashcheyeva, O. Bugaienko, M. Volk, M. Karminska-Belobrova, O. Lobach // Eastern-European Journal of Enterprise

Technologies. – 2018. – Vol. 3, No. 3 (93). – PP. 50-58 (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131939).

#### УДК 621.314

*К.т.н. О.І. Семененко, к.т.н. Ю.О. Семененко* УкрДУЗТ

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА-СТАБІЛІЗАТОРА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

**Вступ.** Нові дослідження в галузі систем тягового електропостачання постійного струму націлені на підвищенні якості енергії живлення електричного рухомого складу та покращенні електромагнітної сумісності мережі з лініями залізничної автоматики та засобами сигналізації, блокування і зв'язку. Щоб забезпечити фільтрацію низькочастотних гармонік вихідної випрямленої напруги тягових підстанцій постійного струму застосовують малоефективні та досить ненадійні системи пасивної фільтрації. Підвищення якості фільтрації та підтримання вихідної напруги на заданому системою керування рівні було запропоновано застосовувати активні фільтри-стабілізатори у складі перетворювальних агрегатів [1]. Регулювання вихідної напруги системою керування електропостачання ділянки тягової мережі повинно вирішувати задачу забезпечення близького до оптимального рівня напруги живлення електричного рухомого складу та мінімізації втрат енергії.

**Основна частина дослідження.** В складі перетворювального агрегату тягової підстанції постійного струму перетворювач активного фільтра-стабілізатора працює в режимі широтно-імпульсної модуляції і забезпечує активну фільтрацію та стабілізацію (регулювання) випрямленої напруги. Придушення низькочастотних гармонік на виході підстанції відбувається в першу чергу за рахунок активної фільтрації, а високочастотних гармонік – вихідним аперіодичним LC фільтром.

Авторами було проведено дослідження трифазного активного фільтра-стабілізатора, що був запропонований в [2], із застосуванням імітаційного моделювання у пакеті *MATLAB*, модель представлена на рис. 1.

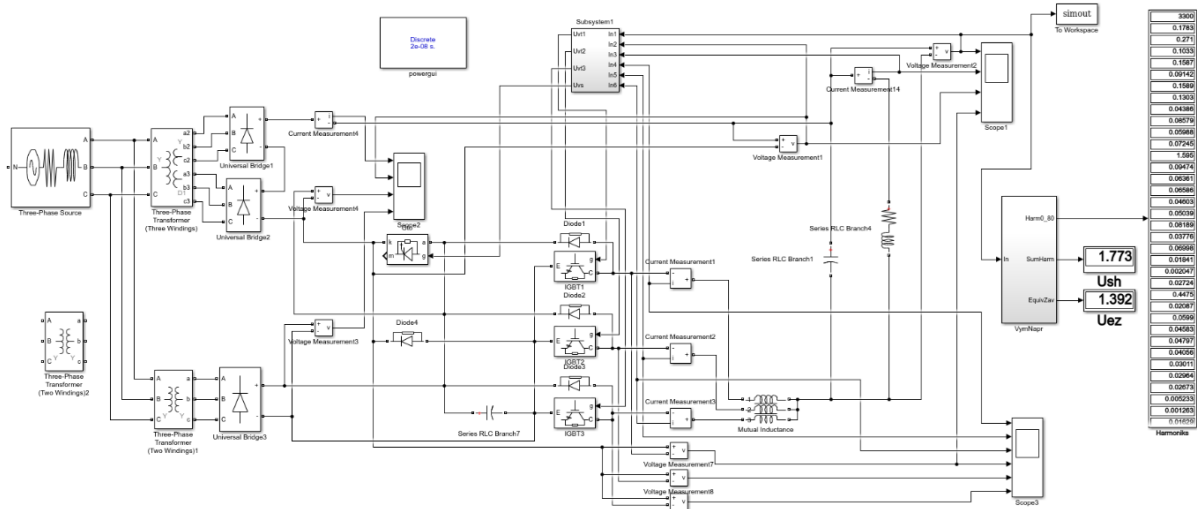


Рисунок 1 – Модель схеми перетворювального агрегату тягової підстанції з трифазним активним фільтром-стабілізатором

Дослідження виконувалось з метою перевірки працездатності трифазного активного фільтра-стабілізатора при підвищеній еквівалентній частоті широтно-імпульсної модуляції, яка складає 7200 Гц. Частота роботи напівпровідникових ключів кожної фази  $n$  фазного перетворювача при цьому знижена у  $n$  разів (у даному випадку у три рази) у порівнянні з частотою модуляції активного фільтра-

стабілізатора і складає 2400 Гц. Результати моделювання представлені на осцилограмах рис. 2, де зліва показані вихідна напруга та струм агрегату в номінальному режимі, справа – вихідні напруги основного дванадцятипульсного випрямляча і активного фільтра-стабілізатора.

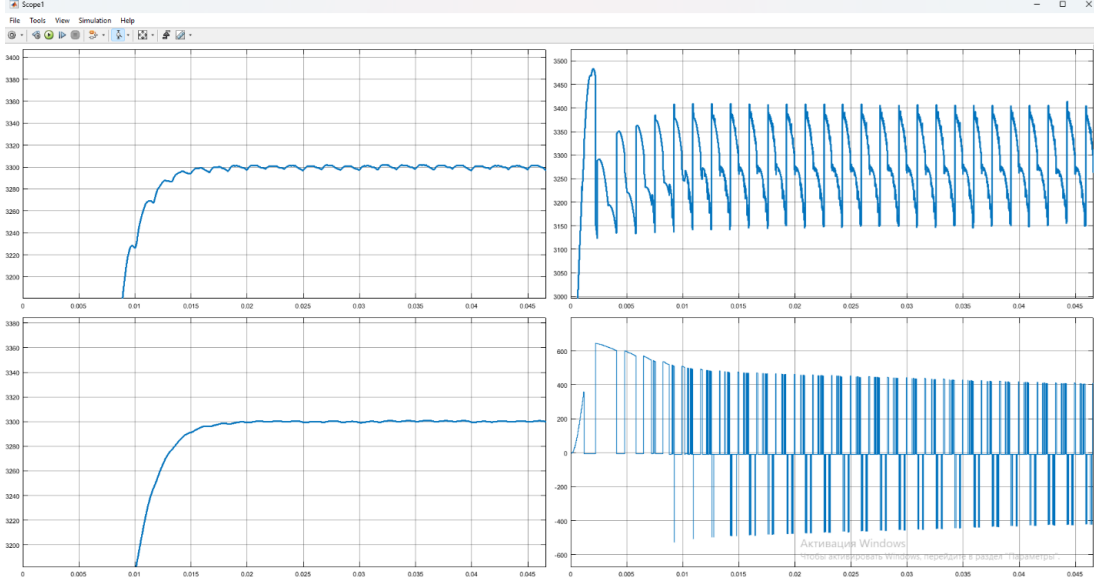


Рисунок 2 – Осцилограми напруги та струму перетворювального агрегату еквівалентної частоти модуляції у багатофазному активному фільтрі-стабілізаторі.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження підтверджено, що підвищення якості вихідної напруги перетворювального агрегату може бути досягнене при знижених розмірах вихідного аперіодичного LC фільтра шляхом підвищення

- Список використаних джерел**
1. Семененко О.І. Активний фільтр-стабілізатор для випрямної установки тягової підстанції / О.І. Семененко, Ю.О. Семененко // Інформаційно-

- керуючі системи на залізничному транспорті – Харків: УкрДАЗТ. – 2016. – №4(119). – С. 29-33.
2. Семененко О.І. Трифазний активний фільтр-стабілізатор перетворювального агрегату тягової підстанції постійного струму/ О.І. Семененко, Ю.О. Семененко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : тези стендових доповідей та виступів учасників 36-ї МНПК "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті". – Харків: УкрДУЗТ. – 2023. – № 3 (додаток). – С. 66-68.

## УДК 629.4

*К.т.н. А.Л. Сумцов, О.В. Волков*  
*Український державний університет*  
*залізничного транспорту*

### МОДЕРНІЗАЦІЯ БУКСОВОГО ВУЗЛА ЛОКОМОТИВА КАСЕТНИМИ ПІДШИПНИКАМИ КОЧЕННЯ

Буксовий вузол локомотива є ключовим компонентом, що відповідає за передачу навантаження з вагону на колісні пари, а також забезпечує стійкий та безпечний рух потягу. Традиційно у буксових вузлах локомотивів використовують відкриті підшипники кочення (підшипники, у яких елементи кочення, такі як кульки чи ролики, знаходяться у відкритому стані, без герметичної оболонки). Незважаючи на їх розповсюдження, ці підшипники мають низку недоліків, таких як більша потреба в технічному обслуговуванні, регулярному змащуванні та швидший знос. У сучасних умовах все більше уваги приділяється модернізації буксових вузлів шляхом заміни відкритих підшипників на касетні підшипники кочення (підшипники, повністю закриті герметичною оболонкою), що дозволяє суттєво покращити роботу вузла та знизити експлуатаційні витрати [1, 2].

Касетні підшипники кочення являють собою модульні конструкції, де кілька підшипників інтегровані в одну герметичну систему. Вони мають ряд переваг порівняно з відкритими підшипниками кочення: зменшене тертя, мінімізація витрат на технічне обслуговування, збільшений термін служби та висока надійність. Завдяки принципу герметизації і кочення значно знижується тертя, що дозволяє збільшити енергоефективність руху. Касетні підшипники є герметичними, що виключає необхідність регулярного змащування і знижує потребу в обслуговуванні, це значно скорочує витрати на обслуговування. Закриті конструкції касетних підшипників краще захищають елементи

від пилу, бруду та вологи, що подовжує їх роботу. Завдяки зниженню зносу та більш високій стійкості до навантажень, касетні підшипники мають довший термін експлуатації. Підшипники кочення здатні працювати в широкому діапазоні температур та умов, зберігаючи свої експлуатаційні характеристики навіть при високих динамічних навантаженнях [1].

Модернізація буксового вузла полягає в заміні відкритих підшипників кочення на касетні підшипники кочення [2]. Цей процес включає наступні етапи:

- розробка нових конструктивних рішень. Вузол, який використовує відкриті підшипники, потребує модифікації для встановлення касетних підшипників. Це може включати зміну корпусу букси та кріплень. Хоча деякі серії локомотивів дозволяють модернізувати буксові вузли без заміни корпусу букси.

- інтеграція системи захисту. Касетні підшипники потребують спеціальної герметизації, яка забезпечує захист від пилу, бруду та води. Тому необхідне доопрацювання кришки та корпусу букси.

Додатковим етапом є тестування та налаштування. Після установки касетних підшипників важливим є проведення серії тестів для перевірки їх працездатності та надійності в реальних умовах експлуатації.

Однією з головних переваг касетних підшипників є значне скорочення витрат на технічне обслуговування. Завдяки їх герметичності, потреба у регулярній перевірці стану підшипників та їх змащуванні практично відпадає. Це дозволяє скоротити час простою локомотивів на техобслуговування і підвищити коефіцієнт використання парку локомотивів.

Заміна відкритих підшипників кочення на касетні підшипники кочення підвищує надійність буксового вузла, що в свою чергу зменшує ймовірність аварійних ситуацій. Касетні підшипники, маючи кращу здатність витримувати осьові та радіальні навантаження, знижують ризик пошкоджень під час екстремальних умов експлуатації (високі швидкості, важкі вантажі тощо). Це особливо важливо для вантажних локомотивів, що працюють на великих відстанях і з великими навантаженнями.

Результати практичних випробувань показують, що локомотиви та вагони, які мають касетні підшипники, демонструють зниження експлуатаційних витрат на обслуговування буксового вузла [3]. Крім того, покращена енергоефективність дозволяє знизити витрати на паливо. Це також підвищує загальну надійність і безпеку локомотивів та їх екологічність.

Модернізація буксового вузла локомотива з використанням касетних підшипників кочення є ефективним рішенням для підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат, особливо в умовах обмеженого фінансування оновлення парку рухомого складу. Заміна відкритих підшипників на касетні підшипники забезпечує кращий захист від зовнішніх впливів, знижує тертя, потребу в технічному обслуговуванні, а також збільшує термін служби вузлів. Така модернізація сприяє зниженню витрат на паливо, покращує екологічність транспорту та підвищує надійність локомотивів.

Список використаних джерел

- 1 Енергоефективні підшипникові вузли HARP зі збільшеним ресурсом / <https://harp.ua/ua/brands/bearings-railway/>
- 2 Ігор Білан: Науково-технічний прогрес ставить під сумнів доцільність ряду модернізацій локомотивів. URL: <https://www.railinsider.com.ua/igor-bilan-naukovo-tehnichnyj-progres-stavyt-pid-sumniv-doczilnist-ryadu-modernizacij-lokomotyviv/>
- 3 Калабухін Ю.Є., Мартинов І.Е., Рудковський О.В. Результати досліджень ефективності модернізації буксових вузлів електропоїздів. / Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2013, вип. 139. С 34 – 53.

УДК 656.25

*Кустов В.Ф., к.т.н., д (УкрДУЗТ)*

## **ПРОБЛЕМИ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Розрахунок показників функційної безпеки є першим і обов'язковим етапом доказу безпеки функціонування пристроїв та систем автоматизації, пов'язаних з ризиком отримання великих збитків від аварій та катастроф поїздів, які можуть виникати внаслідок небезпечних відмов та збоїв елементів, з яких вони складаються. Такі відмови можуть бути як внаслідок старіння і зносу комплектувальних елементів, так і внаслідок впливу на них дестабілізуючих чинників (електромагнітних, кліматичних, механічних тощо), внаслідок чого відмови настають набагато раніше, ніж закладено у паспортних даних на них. Обов'язковість розрахунків функційної безпеки викладена у відповідних національних та закордонних стандартах [1- 3]. Всі ці стандарти вимагають визначення нормативних рівней жорсткості функційної безпеки SIL1-SIL4.

Достовірність розрахунків функційної безпеки залежить від таких чинників:

- точності статистичних даних інтенсивностей відмов комплектувальних елементів (у більшості випадків довіря імовірність таких даних є недостатньою, особливо у порівнянні з дуже малими, майже нульовими значеннями допустимих імовірностей небезпечних відмов);
- довідникові дані з надійності елементів є часто застарілими, недоступними або взагалі відсутніми на деякі елементи, внаслідок чого обирають для них інтенсивності відмов на групу елементів, що дуже погіршує якість розрахунків;
- коефіцієнти для визначення експлуатаційних інтенсивностей відмов елементів, які враховують вплив електричного навантаження, температури та інших дестабілізуючих чинників, також часто є дуже приблизними;
- якість виробництва однакових комплектувальних елементів на різних підприємствах може дуже відрізнятися, в деяких випадках виробник систем чи експлуатаційна організація навіть не знає реального виробника комплектувальних елементів (тільки постачальника мікросхем, транзисторів тощо), особливо коли вони постачаються із-за кордону;
- якість обґрунтування законів розподілу небезпечних відмов, які є математичною основою для розрахунків функційної безпеки, не завжди є достатньою, тобто реальною формулою, за якою виконується розрахунок, не відповідають реальності, що призводить до неправдивих результатів. Так, часто використовують експоненціальний закон розподілу відмов, який не завжди є придатним, що дуже легко доводиться тим, що для нього у перші періоди експлуатації імовірність відмови набагато вище, ніж для інших законів розподілу відмов, що не є у більшості випадків вірним для сучасних пристроїв автоматизації. Необхідно визначити, що розв'язання цієї проблеми об'єктивно є дуже проблемним і складним завданням;
- у формулах розрахунків часто використовують найпростіший потік небезпечних відмов, що у житті не завжди буває, наприклад, наявність кратних відмов у разі одночасного впливу «ударних» дестабілізуючих чинників не враховується у моделях;
- впливи деяких дестабілізуючих чинників враховуються неточно або взагалі не можуть реально бути визначені (наприклад, вплив грозових перенапружень, розрядів статичної електрики, радіочастотного випромінювання мобільних телефонів, провалів та викидів напруги електроживлення);
- не усі елементи та їхні дефекти, які можуть призвести до небезпечних станів враховуються у

розрахунках, Наприклад, зменшення опору резистора може призвести до підвищення струму та передчасної небезпечної відмови електронних елементів; коротке замикання витків обмоток трансформатора може призвести до несанкціонованої зміни напруги на колійному реле рейкових кіл;

- наявність розрахунків функційної безпечності для типу систем і навіть її сертифікація не може розповсюджуватися на подібні системи (для інших станцій з різним колійним розвитком, технологічними особливостями, пристроями ув'язки з перегонами та станціями тощо). Тому для кожного проектного рішення повинен бути розділ з розрахунками функційної безпечності та надійності для конкретного об'єкта, що повинно бути визначено у галузевих нормативних документах. Необхідно відзначити, що «Цінник на розробку технічної документації на АСУТП» має подібний підрозділ і Замовник визначає необхідність таких розрахунків;

- визначення чітких вимог з нормативних показників функційної безпечності та обґрунтовану технологію їх визначення (імовірність чи інтенсивність небезпечних відмов, на функцію. на підфункцію безпечності, на кожну годину експлуатації, особливості визначення імовірності кратних відмов, законів розподілу небезпечних відмов).

У доповіді надаються шляхи підвищення оцінки функційної безпечності, у тому числі для сертифікації пристроїв та систем.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування. Чинний від 01.07.2003.

2. ДСТУ EN 50126-1:2019 Залізничний транспорт. Специфікація та демонстрування надійності, доступності, безпеки та ремонтпридатності (РАМН). Частина 1. Основні вимоги та загальний процес. (EN 50126-1:2017, IDT) Чинний від 01.01.2020.

3. ДСТУ EN 50129:2019 Залізничний транспорт. Системи зв'язку сигналізації та оброблення даних. Електронні сигналізаційні системи безпеки (EN 50129:2018, IDT). Чинний від 01.01.2020.

УДК 656.2

*А.В. Прохорченко, д.т.н., професор  
М.Д. Зав'ялова, магістрант  
Український державний університет  
залізничного транспорту (м. Харків)*

### УДОСКОНАЛЕННЯ ШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ MAAS-ТЕХНОЛОГІЙ

У сучасному світі транспорт відіграє ключову роль у розвитку економіки та суспільства. Швидкісні залізничні перевезення стають все більш популярними в Україні завдяки своїй швидкості, комфортності, ефективності та екологічності. Водночас технології Mobility as a Service (MaaS) відкривають нові можливості для оптимізації транспортних послуг. На даний час присутня значна фрагментарність сервісів у швидкісних залізничних перевезеннях. Пасажирам часто доводиться користуватися різними додатками та сервісами для планування маршруту, покупки квитків та оплати додаткових послуг. Присутня значна обмеженість інтеграції з іншими розкладами пасажирських поїздів або видами транспорту, що спричиняє труднощі для пасажирів при пересадках та плануванні комбінованих маршрутів. За таких умов інтеграція MaaS-технологій у швидкісні залізничні перевезення може значно підвищити якість обслуговування пасажирів.

Відповідно до поставлених завдань в роботі розроблено математичну модель для формування зручних розкладів руху швидкісних пасажирських поїздів для пересадки пасажирів. Запропоновано на базі концепції MaaS створити цифрову платформу для поєднання інтерактивних розкладів та маршрутизатори, що дозволяють користувачам планувати оптимальні маршрути з урахуванням користування швидкісних поїздів та інших видів транспорту. Розроблені функції та архітектуру цифрової платформи, що дозволить планувати маршрути пасажирів швидкісних поїздів з урахуванням пересування на вокзалі та посадки на інші поїзди чи інший вид транспорту. Запропоновано персоналізувати інформацію для пасажирів з можливістю отримання пропозицій проїзду та знижок, що підвищать їх задоволеність.

Запропонована в роботі математична модель та цифрова платформа на основі MaaS-технологій є перспективним напрямом для удосконалення швидкісних залізничних пасажирських перевезень. Інтеграція різних видів транспорту, персоналізація сервісів та використання сучасних технологій сприятимуть підвищенню ефективності транспортної системи та задоволеності пасажирів.

Подальші дослідження та впровадження цих рішень дозволять досягти значних соціально-економічних переваг та покращити якість транспортних послуг в цілому.

1. Boero, L., Ferro, G., & Piacenza, F. (2019). Mobility-as-a-Service (MaaS): A Digital Transformation of the Railway Sector. *International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), IEEE*, стор. 257–262.
2. Moyano, A.; Tejero-Beteta, C.; Sánchez-Cambronero, S. *Mobility-as-a-Service (MaaS) and High-Speed Rail Operators: Do Not Let the Train Pass! Sustainability* 2023, 15, 8474. <https://doi.org/10.3390/su15118474>

*Ковальов А.О., к. техн. н., доцент, Шевченко В.І., к. техн. н., доцент, Мацієвський Б.В., аспірант Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

### УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ УПОВНОВАЖЕНОЇ ОСОБИ З ПУБЛІЧНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ

Ефективне використання коштів є однією з найголовніших задач, що стоїть перед усіма підприємствами усіх форм власності. Разом з цим перед підприємствами, що є Замовниками в розумінні Закону України Про публічні закупівлі [1] (далі Закон) стоїть більш складна задача, а саме ефективне використання коштів при виконанні вимог Закону, які з одного боку дають впевненість у проведенні закупівлі за Принципами здійснення публічних закупівель та недискримінацією учасників, що встановлені у ст. 5 Закону, а з іншого боку, значно ускладнюють п. 2 тієї ж статті: максимальна економія, ефективність та пропорційність. Звичайно, що чим більше вимог до порядку укладання договору, предмету закупівлі, умов постачання, постачальника, тим більш звужується коло потенційних постачальників і відповідно конкурентних пропозицій. І для пошуку та залучення до участі у закупівлях потенційних учасників, які мають можливість надати конкурентно спроможні пропозиції треба витратити велику кількість зусиль і, відповідно, часу.

На сьогодні вважається, що є велика кількість механізмів та засобів полегшити завдання Замовника, щодо проведення закупівлі з дотриманням Принципів закупівель, однак аналізуючи укладені договори можна сказати, що для того аби досягти насправді максимальної

економії, ефективності та пропорційності ще треба попрацювати.

Наприклад: на сайті АТ «Укрзалізниця» [2] оприлюднено наступну інформацію: «Укрзалізниця 20 серпня провела четверту закупівлю дизпалива через Prozorro Market. Компанія придбала 10 тис. тон дизпалива. Переможцем стало ПАТ «Укрнафта», яке запропонувало найнижчу вартість – 50 978 грн за тону. Найближчим часом Укрзалізниця має намір укласти контракт з переможцем.» На сьогодні договір укладено і в системі ПРОЗОРРО [3] оприлюднено звіт про укладений договір. Однак, аналізуючи закупівлю, є припущення, що можливо була нагода знайти більш цікаву пропозицію.

Загалом Філією "Центр забезпечення виробництва" АТ "Укрзалізниця" у 2024 році (станом на 4 жовтня) укладено 10 договорів з придбання дизельного палива за кодом ДК 021:2015:09130000-9: Нафта і дистилати у кількості 114,7 тис. тон, причому 50% договорів укладено за результатом конкурентного відбору (запит ціни пропозиції ЗЦП). Усі закупівлі проведені з чітким дотриманням норм діючого законодавства. Однак, враховуючи умови постачання: «залізничним транспортом загального користування на умовах ФСА (Франко–перевізник) станція відправлення в межах України (відповідно до вимог «ІНКОТЕРМС» ред. 2020 р.), що має діюче залізничне сполучення між станцією відвантаження та станцією призначення в межах митної території України), обсяг закупівлі та інші умови вочевидь що була можливість відповідні договори укласти за більш привабливими цінами. Так, наприклад, той самий постачальник, з яким укладено останню угоду, у той самий період часу ПАТ "УКРНАФТА" №00135390 у закупівлі UA-2024-09-19-014352-а [4] для іншого замовника запропонував ціну 43404,00 грн з ПДВ за тону з умовами постачання в Київську обл., при цьому даний постачальник пропонує не найменшу ціну на ринку [5,6,7], хоча і є надійним та відповідальним постачальником.

Враховуючи пропозиції оптових постачальників за весь період 2024 року можна припустити, що є потенційна можливість у 2025 році створити умови зменшення витрат на придбання дизельного палива на 15-18 % що дасть значний економічний ефект для галузі в цілому. Що стосується інших предметів закупівлі, поверхневий огляд дає уяву, що стан ефективності закупівель більш-менш співпадає.

На нашу думку, основна проблема це нестача часу, що є у уповноваженої особи (УО) для підготовки та проведення закупівлі. Дійсно УО, які сьогодні працюють на залізниці, це дуже досвідчені фахівці, однак навантаження на УО занадто велике, при цьому треба враховувати, що будь яка УО не може бути фаховим експертом в усіх галузях, в яких



їй доводиться проводити закупівлі. І як ми бачимо, допомога, що передбачена ст. 11 Закону (залучення інших працівників, створення робочої групи) не дає достатнього ефекту. Від цього спостерігаються помилки та не доопрацювання при проведенні закупівель. Нажаль, зараз кількість закупівель при проведенні яких є помилки дуже значна, і це стосується багатьох замовників. Деякі помилки не впливають на ефективність закупівлі і мають виключно «технічний» характер, однак є і такі, що не дозволяють проводити закупівлю з максимальною економією.

На сьогоднішній день перед всіма Замовниками стоїть задача позбавитись «технічних» помилок і мінімізувати помилки, що впливають на ефективність. Для виконання цієї задачі УО замало прав наданих ст. 11 Закону та використання діючих автоматизованих помічників (робочий кабінет УО, CPV-tool, E-Lot, та інші) необхідна інформаційно-керуюча система з функцією підтримки прийняття рішень, яка буде поєднувати всі існуючі е-помічники та використовуючи штучний інтелект створювати тендерну документацію, перевіряти тендерні пропозиції, та учасників, надавати підказки про найефективніший варіант дій та рішень. До того ж, звісно, така система з легкістю впорається із завданням безпомилкового проведення закупівель з «технічних» питань (строків оприлюднення, переліку та наповненості документів, аналізу автоматичних ризиків, тощо).

Для побудови функціональної інформаційно-керуючої системи необхідні алгоритми виконання дій з аналізу ринку (не тільки цінових критеріїв) та встановлення вимог, а ми бачимо, що закладених у Законі та інших існуючих нормативно-правових актах (НПА) напрацювань недостатньо для досягнення встановленої мети. Розробка вимог до предмета закупівлі, визначення умов постачання та учасників вимагає детального аналізу та коригування з ринковими умовами, які мають тенденцію постійно змінюватись. І для того, щоб сьогодні мати можливість закуповувати дизельне паливо за ціною в межах 35,00 грн замість 50,00 грн за літр необхідно враховувати умови за яких постачальники пропонують таку ціну. При цьому сума збережених коштів у 2025 році, за умови тотожних обсягів закупівлі, може скласти понад 1,5 млрд гривень.

1. Про публічні закупівлі [Електронний ресурс] : [закон України: офіц. текст : станом на 08 серп. 2024 р.]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>. (дата звернення 16.10.2024)

2. Укрзалізниця через Prozorro Market успішно провела четверті торги на закупівлю дизельного : веб-сайт. URL: [https://uz.gov.ua/press\\_center/up\\_to\\_date\\_topic/page-3/636293/](https://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-3/636293/) (дата звернення: 16.10.2024).

3. ЦЗВ-24Т\_018\_ЕК: Дизельне паливо (код ЄЗС 09130000-9 – Нафта і дистилати) : веб-сайт. URL: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2024-09-11-012133-a> (дата звернення: 16.10.2024).

4. Дизельне паливо ДП-(Л) – ЄВРО-5 – ВО в натуральному вигляді згідно ДСТУ 7688:2015 : веб-сайт. URL: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2024-09-19-014352-a> (дата звернення: 16.10.2024).

5. Дизельне паливо (ДП) : веб-сайт. URL: <https://agro-ukraine.com/ua/trade/r-926/p-1/> (дата звернення: 16.10.2024).

6. Дизельне паливо оптом : веб-сайт. URL: <https://agronizer.ua/naftoprodukti-optom/dizelne-palivo-optom/> (дата звернення: 16.10.2024).

7. Дизель EN-590 10PPM : веб-сайт. URL: <https://flagma.ua/uk/dyzel-en-590-10ppm-o16446998.html> (дата звернення: 16.10.2024).

**УДК 621.396.967**

*Bershov V.S., PhD student  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv  
Zhuchenko O.S., PhD. Associate Professor  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv*

#### **ADAPTIVE METHOD FOR FORMING SIGNAL ENSEMBLES BASED ON MULTILEVEL TIME-FREQUENCY SEGMENTATION**

An adaptive method for the analysis and processing of complex signal ensembles using multistage recursive time-frequency segmentation has been proposed and verified. This approach is particularly relevant for cognitive telecommunication networks, where efficient frequency spectrum utilization, reliable data transmission, and adaptation to dynamic radio conditions are critical. A key feature of the method is its ability to dynamically adjust the duration of time segments based on the signal's characteristics, allowing for more precise detection of frequency components and reduction of interference. This approach ensures high efficiency in signal processing under rapidly changing spectral environments, enhancing data transmission stability and communication quality (the algorithm is presented in fig. 1)

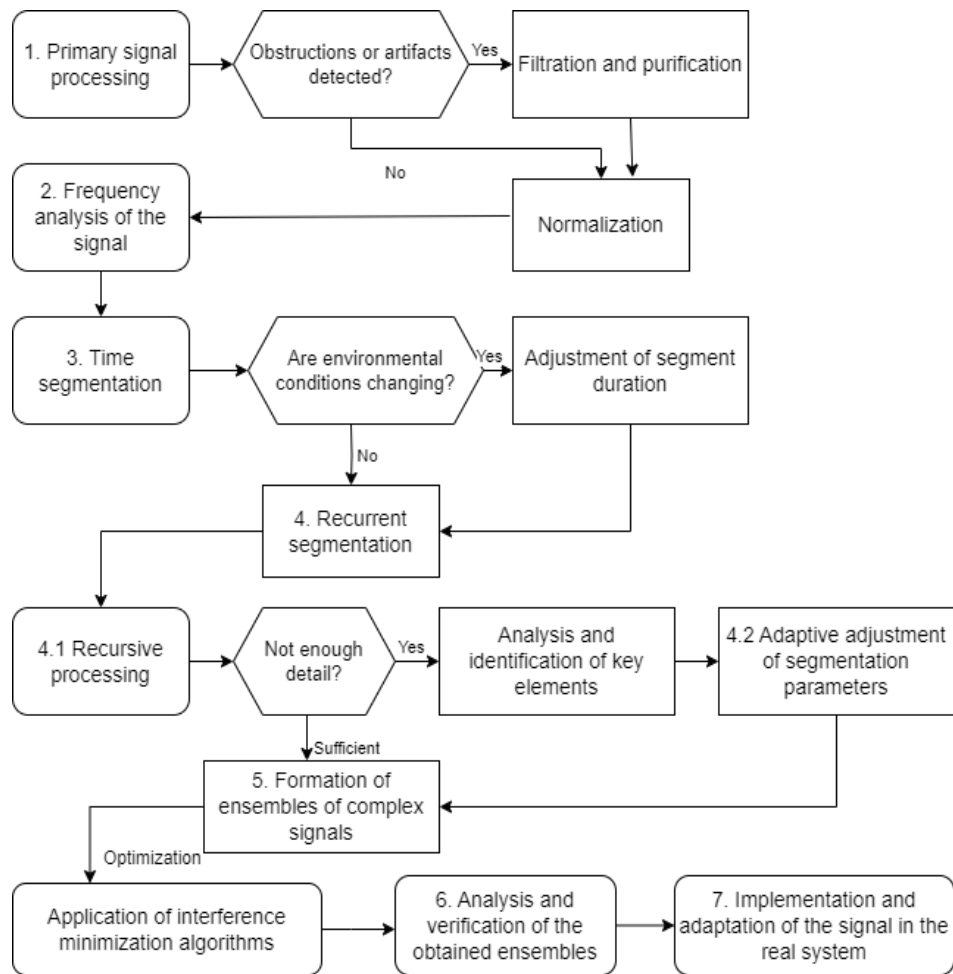


Fig 1 - Adaptive multilevel recursive segmentation method

The software implementation experiments have demonstrated the following results. The proposed adaptive method for analyzing and processing complex signal ensembles, utilizing specialized transformations and optimized filters across multiple stages of recursive time-frequency segmentation, has demonstrated high efficiency in the calculations. Analyzing various transformations, such as Fourier, Short-Time Fourier Transform (STFT), wavelet, cosine, and Hilbert transforms, at different stages of multilevel time-frequency segmentation has shown that these approaches offer a high degree of precision and adaptability in signal processing. This leads to more accurate identification of critical signal elements, including amplitude peaks and frequency shifts, which are essential for maintaining signal stability and quality.

Throughout the stages of the algorithm—signal ensemble formation, optimization, verification, and implementation—the adaptive method, which incorporates specific transformations and filters, proved highly effective in reducing noise levels by 21,73–29,64% and enhancing signal quality by 14,32–24,56%. The use of adaptive filters such as LMS and RLS,

alongside transformations like STFT, wavelet, and Hilbert, significantly improved resistance to signal interference and increased energy efficiency by 9,81–18,94%.

These experimental findings confirm that the proposed method consistently delivers high-quality processing of complex signal ensembles, even in the dynamic environment of cognitive radio. Future research will aim to enhance the adaptive capabilities of the method, particularly in more complex and rapidly evolving signal environments, to further improve its robustness and adaptability across a variety of telecommunications applications.

#### References

1. Lysechko V.P., Kulagin D.O., Indyk S.V., Zhuchenko O.S., Kovtun I.V. (2022) The Study Of The Cross-Correlation Properties Of Complex Signals Ensembles Obtained By Filtered Frequency Elements Permutations. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (2), 15. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2022-2-2> (Web Of Science - 2022).
2. Zablotskyi, V., Selepyna, Y., Lyshuk, V., Yakymchuk, N., & Tkachuk, A. (2022). Method For

Evaluation Quality Parameters Of Telecommunications Services. *Informatyka, Automatyka, Pomiar* W Gospodarce I Ochronie Środowiska, 12(2), 30–33. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.2918>.

3. Indyk S., Lysechko V. (2020) The study of ensemble properties of complex signals obtained by time interval permutation. *Advanced Information Systems*. Vol. 4, № 3. Pp. 85-88. DOI: 10.20998/2522-9052.2020.3.11.

4. Bagwari, A., & Tomar, G. S. (2013). Adaptive double-threshold based energy detector for spectrum sensing in cognitive radio networks. *International Journal of Electronics Letters*. 1(1): P. 24-32 DOI:10.1080/21681724.2013.773849

**УДК 621.396.967**

**Komar O.M.**, *PhD. Associate Professor*  
*National Aviation University, Kyiv*

**Veklych O. K.** *PhD student*

*State University of Telecommunications, Kyiv*

**Shubina G.V.**, *head of the educational*  
*department,*

*Ivan Kozhedub Air Forces Kharkiv National*  
*University, Kharkiv*

#### ANALYSIS OF FEATURES AND PROSPECTS OF IEEE 802.16 (WiMAX) IN COGNITIVE RADIO NETWORKS

The analysis of IEEE 802.16 (WiMAX) technology is necessary and relevant for several key reasons.

Firstly, although WiMAX did not achieve widespread adoption like LTE or 5G, it remains important for understanding the development of wireless technologies. Analyzing WiMAX allows us to explore technological advancements in wireless communication and compare them with modern standards. This helps to better understand the technological challenges faced by similar standards.

Secondly, WiMAX continues to be relevant in certain niches, such as remote regions or countries where LTE and 5G have not yet gained sufficient penetration. The technology provides wireless access in hard-to-reach areas thanks to its long-distance communication capabilities.

Thirdly, WiMAX has specific technical advantages, including the ability to dynamically use the frequency spectrum, making it an important subject of study for cognitive radio networks. Analyzing this technology can aid in developing new approaches to spectrum management, particularly in conditions of limited frequency resources. The main specifications of IEEE 802.16 are presented in Table 1.

Табл. 1 Main specifications of IEEE 802.16 (WiMAX)

Specification	Characteristics
IEEE 802.16 - 2004	The first version of the standard that defines wireless access technology over medium and long distances. This standard supports the microwave range and uses OFDM.
IEEE 802.16e-2005 (Mobile WiMAX)	This version expanded the standard to support mobile devices, allowing connectivity on the go. It also increased the supported data rates.
IEEE 802.16m (WiMAX 2.0)	This version has expanded network capabilities, improved service quality, increased data transfer speed and provided support for mobile devices
IEEE 802.16j (Multihop Relay)	This version of the standard includes support for relay technology to improve coverage and increase network efficiency.
IEEE 802.16p (Fixed Wireless Access Interface)	This version of the standard covers specifications for fixed wireless broadband Internet access systems.
IEEE 802.16s (Management Plane Procedures)	This version defines the network management and control procedures that support network operations.
IEEE 802.16t (Management Information Base):	This version of the standard defines the management information base for the IEEE 802.16 network.

The IEEE 802.16 standard, though not originally developed for cognitive radio systems, has found practical application in this context with certain limitations. The standard's built-in spectrum scanning capabilities enable the identification of available radio frequency resources and assess their potential for use. In cognitive radio mode, IEEE 802.16 offers mechanisms for dynamic resource management, allowing communication parameters to be adjusted based on real-time network conditions and operational requirements [1,2,3].

Some IEEE 802.16 implementations can incorporate reconfigurable, or «smart» antennas that adapt to changing channel conditions. These include [4].

1. Beamforming antennas. Dynamically adjust the direction of the antenna beam to improve signal quality and reduce interference, enhancing transmission efficiency in both mobile and stationary modes.

2. Adaptive antennas. Automatically modify tilt, polarization, and other parameters to optimize connectivity based on real-time channel conditions.

The main strength of WiMAX is its high data transfer speeds, supporting both point-to-point and broadband access for multiple devices. Its versatility across different frequencies and compatibility with stationary and mobile devices make it suitable for a wide range of wireless applications.

Thus, WiMAX (IEEE 802.16) remains a relevant and versatile technology, particularly in cognitive radio networks and remote regions, offering high data transfer speeds, dynamic spectrum utilization, and adaptable communication capabilities, despite facing competition from LTE and 5G.

### References

5. Shiang H., van der Schaar. Distributed resource management in multi-hop cognitive radio networks for delay sensitive transmission. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. Vol. 58(2). IEEE Transactions on Vehicular Technology. P. 941–953.
6. Ho-Van K. K. Influence of channel information imperfection on outage probability of cooperative cognitive networks with partial relay selection. 2017. *Wireless Personal Communications*. Vol. 94(4). P.89–91.
7. Miao L., Sun Z., Jie Z. The Parallel Algorithm Based on Genetic Algorithm for Improving the Performance of Cognitive Radio. 2018. *Wireless Communications and Mobile Computing*. Vol. 2.
8. Poroshenko A., Kovalenko A. Optimization of a basic network in audio analytics systems. *National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Advanced Information Systems*. 2023. Vol 7(1). P. 23-28.

УДК 621.396.967

*Perets K.G., PhD student*

*Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv*

*Zhuchenko O.S., PhD. Associate Professor*

*Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv*

### THE METHOD OF STEPWISE HYBRID TIME SEGMENTATION BASED ON BANDPASS FILTERING WITH TIME-FREQUENCY ADAPTATION

In modern conditions of increased requirements for communication quality and data transmission speed, especially in complex interference environments, it is necessary to ensure effective filtering and adaptive signal ensemble formation. This is required to minimize mutual correlation between signals, improve data transmission quality, and ensure resistance to interference. These challenges can be addressed using the method of

stepwise hybrid time segmentation based on bandpass filtering with time-frequency adaptation.

The core idea of the method lies in the integration of time segmentation with filtering in the frequency domain, allowing the signal's behavior to be considered at each stage of formation. This approach provides a dynamic transition between the time and frequency domains, taking into account the mutual correlation properties of the signal and enabling improved signal characteristics.

The main steps of the algorithm for the method of stepwise hybrid filtering with domain transitions include the following.

1. Initial Stage. The signal undergoes bandpass filtering in the frequency domain to isolate the necessary frequency bands and reduce mutual correlation between components.

2. Time Shift. After each stage of spectral filtering, a time shift of the signal components is performed to preserve temporal connections and adapt the filtering according to changes in the time domain.

To ensure optimized modeling of signal characteristics, considering both linear and nonlinear changes, methods for signal ensemble formation, such as Volterra integral equations, can be used to model signal variations at each stage of filtering.

After each stage of frequency domain filtering, the signal transitions to the time domain for adaptive segmentation. This adaptive segmentation involves selecting optimal time intervals, where each segment is processed separately, allowing for the minimization of correlation between signal components.

For the analysis of time segments, it is advisable to use the Hilbert-Huang Transform (HHT), which can identify local oscillations and adapt further processing based on the detected characteristics.

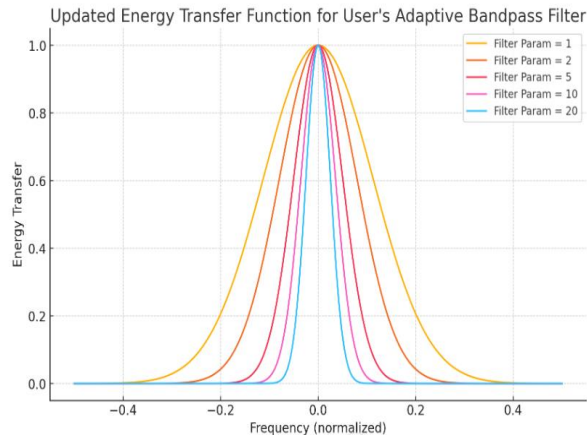
At each stage of filtering (both in the frequency and time domains), it is effective to apply Lagrange multipliers to find the optimal filtering and segmentation parameters, considering constraints such as minimizing mutual correlation.

Additionally, after each transition between domains, L'Hôpital's rule(\*) can be used to analyze the boundary values of signal parameters. This helps to avoid issues at critical points, where changes in the signal could lead to significant information loss.

A key feature of the method of stepwise hybrid time segmentation based on bandpass filtering with time-frequency adaptation is the combination of frequency-domain filtering with adaptive time shifts. This provides a comprehensive approach to signal ensemble formation, where each stage involves returning to the time domain for analysis and further adjustment.

The use of different transformations at each transition between the time and frequency domains (e.g., HHT in the time domain, DCT in the frequency domain)

allows for flexibility and adaptability in signal processing while maintaining a low level of correlation between components. Accounting for nonlinear components using Volterra equations enables a multistep



approach to modeling signal changes, ensuring high accuracy and uniqueness (Fig.1).

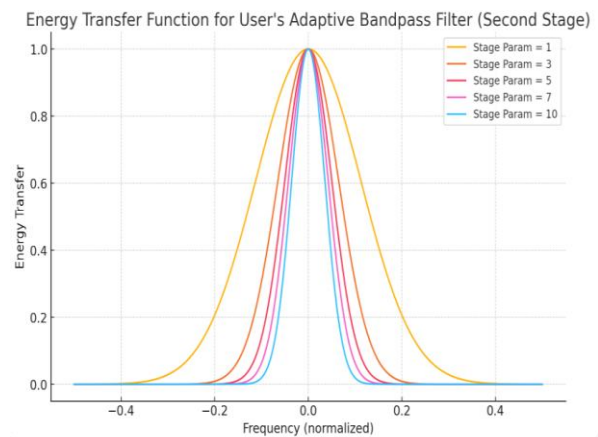


Fig. 1 Energy transfer functions before and after filtering for hybrid time segmentation

The proposed method not only transitions to the time domain but also integrates time and frequency analysis, taking into account variable signal parameters. This creates a more flexible model for signal ensemble formation, suited to real-world conditions in complex interference environments.

\*L'Hôpital's rule is named after the French mathematician Guillaume de l'Hôpital. It is a mathematical principle used primarily in calculus to analyze the limits of indeterminate forms, especially when functions approach  $0/0$  or  $\infty/\infty$ . The rule applies in mathematical contexts where derivatives help in determining the limit of a function at critical points

### References

9. Xiang, Q., Tan, X., Ding, Q., & Zhang, Y. (2024). A Compact Bandpass Filter with Widely Tunable Frequency and Simple Bias Control. *Electronics*, 13(2), 411. <https://doi.org/10.3390/electronics13020411> (MDPI Open Access Article)
10. Indyk S., Lysechko V. (2020) The study of ensemble properties of complex signals obtained by time interval permutation. *Advanced Information Systems*. Vol. 4, № 3. PP. 85-88. DOI: 10.20998/2522-9052.2020.3.11.
11. Zhang, S., & Zhu, L. (2013). Compact split-type dual-band bandpass filter based on  $\lambda/4$  resonators. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 23(7), 344–346.

УДК 621.396.967

*Soproniuk I.I., PhD student  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv  
Pastushenko V.V., PhD student  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv  
Lysechko V.P., Dr Sc. Professor  
Ukrainian State University of Railway  
Transport, Kharkiv*

### SPECTRAL MONITORING METHOD BASED ON MULTISTAGE FILTERING AND AIC & BAYESIAN INFORMATION CRITERIA

The relevance of implementing multistage recurrent spectral monitoring methods with adaptation to dynamic radio environments is driven by several key factors. Firstly, the growing use of wireless technologies has led to an increase in the number of devices, which in turn creates significant pressure on the frequency spectrum. Secondly, the limited availability of frequency resources makes the efficient use of the spectrum a critically important task in modern telecommunication systems. Thirdly, the dynamic nature of the spectral environment, characterized by rapid changes, necessitates the use of adaptive methods capable of ensuring stable and reliable operation of cognitive radio systems. Given these challenges, the implementation of a multistage recurrent spectral monitoring method with adaptation to dynamic cognitive radio environments, particularly under conditions of fading and distortions, becomes essential. This method involves multistep filtering processes (Kalman filters, Wiener filters, and median filters) and the application of Akaike and

Bayesian criteria to optimize spectral efficiency and maintain robust system performance.

Such an approach ensures that the cognitive radio network can dynamically adapt to changes in the spectral environment, improving both spectral utilization and the quality of communication, even in challenging conditions with high levels of interference and variability. This combination of multistage filtering and rigorous statistical analysis represents a significant advancement in spectral monitoring, making it a highly effective solution for modern wireless communication systems. Main stages of the method.

1. Initial spectrum measurement. This stage involves the initial analysis of the spectrum to gather data on the frequency range, which is necessary for further filtering and modeling.

2. Preliminary signal filtering. Kalman filters are used at this stage for preliminary signal filtering to reduce noise and account for fading. The Kalman filter is effective because it works well with dynamic systems and incorporates previous state information, reducing noise and improving signal quality before further analysis.

3. Using the Akaike Information Criterion (AIC). AIC is applied for the initial evaluation of spectral models, allowing the selection of the optimal model for the spectral data. Other information criteria, such as BIC or Minimum Description Length (MDL), could also be used, but AIC is preferred in the early stages due to its balance between accuracy and computational complexity.

4. Window width selection. The window width is set based on the signal type:

GSM: 200 kHz

Wi-Fi: 20 MHz (802.11b/g/n)

Bluetooth: 1 MHz

FM Radio: 200 kHz

TV: 6-8 MHz

LoRaWAN: 125 kHz or 500 kHz

5. Adaptive signal filtering: Different filters are used for various signal types:

– Wiener filter: Ideal for reducing noise in signals with stable spectral structures (e.g., Wi-Fi, FM Radio).

– Median filter: Suitable for eliminating impulse noise and distortions in highly dynamic signals (e.g., Bluetooth, LoRaWAN).

6. Bayesian Information Criterion (BIC). BIC is used at later stages to refine the models and avoid overfitting. BIC provides a stricter evaluation of the models by considering the number of model parameters.

7. Kullback-Leibler Divergence calculation. This metric is used to evaluate the quality of the models by measuring the divergence between two probability distributions, helping to assess how well the model fits the actual data.

8. Akaike weight calculation. Akaike weights are calculated to determine the relative quality of models and compare how well they fit the observations. If Akaike weights exceed certain thresholds, the sub-band is considered available for secondary users; otherwise, it is deemed occupied.

9. Multistage recurrent time segmentation. Time series are segmented to improve the accuracy of detecting changes in the spectral environment. This reduces computational resources by focusing on critical segments of the signal.

10. Recursive updating of spectral estimates. Spectral estimates are continuously updated based on new data, ensuring dynamic adaptation of the method to changes in the spectral environment.

The proposed method combines classical filtering techniques with modern information criteria to enhance spectral monitoring accuracy. This method is particularly suited for real-time spectrum monitoring in environments with high levels of noise, interference, and spectral variability.

#### References

12. Лисечко В.П., Степаненко Ю.Г., Сопронюк І.І., Брюзгіна Н.О. Дослідження методів аналізу спектру в когнітивних радіомережах. *Збірник наукових праць*. Х.: Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. 2010. Вип. 3 (25). С.137-145.
13. Лисечко В.П., Сопронюк І.І., Ухова О.О. Метод моніторинга спектра в когнітивних радіомережах на основі використання інформаційного критерія Акаїке. *Системи обробки інформації*. ХУПС ім. І. Кожедуба. 2011. Вип. 5(95). С.108-112.
14. Zhang Y., Li R., Duan L. Spectrum sharing for cognitive radio networks: A multi-agent reinforcement learning approach. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 2021. Vol. 18(2). pp. 823-835.
15. Lin Z., Liu H., Ma Z. Frequency-domain methods for time-variant channel estimation in cognitive radio systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2020. Vol. 69(8). pp. 8643-8657.

*к.т.н. Г.Є. Богомазова, студенти Д.Є. Воронько, М.Ю. Лисицький* УкрДУЗТ, м. Харків

#### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПЛЯХОМ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Зростання конкуренції між різними видами транспорту та зношеність основних засобів залізничного транспорту в перспективі можуть призвести до втрати частки ринку перевезень



залізницею. Оцінка перспективних обсягів вантажоперевезень залізничним транспортом допоможе обрати найефективнішу стратегію розвитку транспортної системи.

Мета роботи полягає в удосконаленні процесу визначення завантаженості залізничної інфраструктури шляхом прогнозування обсягів вантажоперевезень.

В роботі формалізовано нейромережеву модель прогнозування обсягів перевезень, що дозволяє точніше оцінювати завантаженість залізничної інфраструктури на прогнозований період та визначати необхідну кількість вагонів відповідного типу для забезпечення умов перевезення.

Прогнозування обсягів перевезень є ключовим елементом в управлінні транспортним процесом. Чим вищий рівень точності прогнозів, тим ефективніше здійснюється планування та управління перевезеннями. Однак аналіз планових і фактичних обсягів перевезень зернових вантажів і залізничної сировини виявив значні відхилення між цими показниками, що підкреслює необхідність впровадження більш надійних методів прогнозування.

Задачу прогнозування вдалося вирішити за допомогою використання штучних нейронних мереж. Для прогнозування застосовано повнозв'язний багат шаровий перцептрон Румельхарта з прямим поширенням сигналу. В якості вхідних даних використовувалися статистичні дані про обсяги перевезень зернових вантажів. Для навчання моделі було виділено 90% даних, а для перевірки — 10%. У прихованих шарах використовується логістична активаційна функція, а на виході — гіперболічний тангенс. В результаті модель надає прогнозні обсяги вантажоперевезень залізничним транспортом на наступний місяць.

Адекватність моделі можна оцінити за допомогою діаграми розподілу залишків та аналізу залежності між вхідними й вихідними даними. Для крос-перевірки використовувалися реальні значення обсягів перевезень у якості тестової вибірки. Згідно з отриманими даними, можна зробити висновок, що нейронна мережа успішно вловлює загальну тенденцію часового ряду.

Перевірка адекватності запропонованої нейронної мережі для прогнозування обсягів перевезень зерна та продуктів перемолу була виконана за допомогою коефіцієнта розбіжності прогнозу, запропонованого Г. Тейлором. Чим ближче цей коефіцієнт до нуля, тим краще прогноз збігається з фактичними даними. Якість і надійність прогнозної моделі оцінювали за показником середньої абсолютної відсоткової помилки (mean absolute percentage error, MAPE), який відображає відносну точність прогнозу. Отримане значення

MAPE свідчить про високу точність прогнозування. З огляду на інерційність залізничного транспорту, цей показник є достатнім для ухвалення управлінських рішень.

Запропонований метод прогнозування з використанням математичної моделі дозволяє підвищити ефективність процедури визначення завантаженості залізничної інфраструктури.

*Аспіранти Д.О. Грунський, О.Ю. Давиденко  
Український державний університет залізничного  
транспорту (м. Харків)*

### ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦІ ТА ВІДПРАВНИКІВ ВАНТАЖІВ

Сучасний розвиток ринкових відносин обумовлює потребу проведення раціональної та грамотної політики тактичного і стратегічного управління ресурсами залізничної галузі. Одним з перших постає завдання оцінки ефективності застосування основних управлінських рішень, які можна вирішувати з використанням наявних методів моделювання, сучасних підходів до прогнозування і запровадження систем підтримки прийняття оперативних рішень працівниками.

Прогнозування в сучасних умовах постає основним інструментом управління оперативною ситуацією за умови створення великої переваги перед політикою управління експлуатаційною роботою залізниці "по факту минулого періоду".

Розробка прогнозних даних про основні об'ємні характеристики залізничного транспорту дозволяє мати комплексну уяву про існуючий стан і динаміку певних потоків, надає можливість ефективно та в поточному режимі планувати діяльність, підтримувати процеси прийняття тактичних і оперативних рішень [1].

Дослідження вказують, що значна частина експлуатаційних витрат підприємств та організацій складають затрати, які пов'язані зі зберіганням, доставкою, та іншими операціями, які забезпечують перевезення вантажу. Зменшення запасів на підприємстві призведе до значного економічного ефекту. Зменшення рівня запасів можливе при використанні високого ступеня взаємодії всіх учасників технологічних процесів.

Середні добові витрати, які пов'язані з доставкою та зберіганням вантажу залежать від:

- витрат на зберігання однієї тонни вантажу, що припадають на одну добу;
- втрат від дефіциту однієї тонни відповідних вантажів;
- витрат на доставку вантажу до організації на один цикл зміни запасу товарів.



Отже, використовуючи теорію управління запасами, можливо мінімізувати поточні витрати на вантажні і інші операції, а також зберігання вантажу.

В свою чергу постає питання забезпечення схоронності вантажів при їх перевезенні залізничним транспортом. Цього можна досягти за рахунок впровадження системи оцінки придатності транспортних засобів для перевезення конкретного вантажу за різними показниками [2]. Така система повинна базуватися на наукових підходах щодо теоретичного визначення рівня комерційної та технічної придатності транспортного засобу. Але, якщо питання технічної придатності достатньо чітко визначені відповідною нормативною літературою, то комерційна придатність транспортного засобу, що суттєво впливає на рівень схоронності перевезених вантажів, є недостатньо розглянутою в сенсі її чіткої оцінки. Результати рішення задачі оцінки придатності транспортних засобів в комерційному відношенні дозволяють підвищити якість прийнятих управлінських рішень як у нормативному, так і у технологічному сенсі, в першу чергу за рахунок оптимального використання внутрішніх ресурсів, а також підвищити рівень схоронності вантажів при перевезенні.

[1] Данько М. І., Ковальов А. О., Котенко А. М. Прогнозування показників роботи під'їзних колій і станцій примикання. Залізничний транспорт України. 2002. №6. С. 18-19.

[2] Lomotko, D., Kovalov, A., Kovalova, O. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 6(3). P. 11–17.

*д-р техн. наук проф. А.О. Каргін, асп. А.В. Торгонський*

*Український державний університет залізничного транспорту*

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ БАЗ ЗНАТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕРВІСІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Штучний Інтелект (ШІ) активно використовується в різних галузях, включаючи робототехніку. У промисловості роботи виконують рутинні та небезпечні завдання, підвищуючи продуктивність і безпеку. Існують традиційні роботи-маніпулятори та «коботи», які працюють поруч із людьми, автоматизуючи складні процеси. У медичній сфері роботи, такі як система da Vinci, дозволяють лікарям виконувати складні операції з високою точністю. Розробляються роботи-

екзоскелети, які допомагають пацієнтам відновити рухливість [1]. ШІ дозволяє їм адаптуватися до різних завдань, вчитися на взаємодії з користувачами. Для вирішення цього завдання ШІ використовує знання з предметної галузі де він надає сервіс. В [2] запропонована модель представлення й використання знань ШІ який є спеціалізованим до управління роботами. В доповіді розглядається можливість представлення цієї моделі знань у вигляді реляційної БД та можливості застосування Генеративного Штучного Інтелекту (ГШІ) для створення цієї БД. Іншими словами, в доповіді розглядається питання чи може ГШІ створювати знання для спеціалізованого ШІ який є вбудованим у систему керування роботом.

У контексті розвитку баз даних існує потреба в ефективному управлінні великими обсягами інформації. Використання ШІ у створенні баз даних дозволяє розробити гнучкі та інтелектуальні системи, що оптимізують запити, індексацію даних та автоматичне масштабування. Це дозволяє автоматизувати процес створення БД.

Ця робота спрямована на розробку моделей ШІ на основі ГШІ, які здатні не лише створювати, але й автоматично наповнювати бази даних. Це можливо завдяки пошуку та аналізу нових даних з існуючих БД та файлів різних форматів (.txt, .CSV, .xls). Наприклад, ШІ може аналізувати та конвертувати текстові файли у структуровані бази даних, використовуючи алгоритми розпізнавання тексту та аналізу даних. Модель ГШІ, як ChatGPT 3.5, має обмежений доступ до зовнішніх джерел, але здатна створювати бази даних за відомими полями. Наприклад, для завдання "створи базу даних на мові T-SQL з полями: країна, стать, рік, середня тривалість життя", ChatGPT 3.5 створює SQL-запит (1):

```
CREATE DATABASE LifeExpectancyDB;
CREATE TABLE LifeExpectancy (
    ID INT PRIMARY KEY
    IDENTITY(1,1),
    Country NVARCHAR(100),
    Gender NVARCHAR(10),
    Year INT,
    LifeExpectancy FLOAT);
```

Однак ця база не є оптимізованою (нормалізованою), тому її розмір та складність зростають. Нормалізація дозволяє розділити дані на окремі таблиці, що спрощує оновлення та управління інформацією. Після нормалізації структура виглядає (2).

```
CREATE TABLE Country (
```

```
CountryID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
CountryName NVARCHAR(100) NOT NULL
);
```

```
CREATE TABLE Gender (
GenderID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
GenderName NVARCHAR(10) NOT NULL
);
```

```
CREATE TABLE Year (
YearID INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
YearValue INT NOT NULL
);
```

```
CREATE TABLE LifeExpectancy (
LifeExpectancyID INT PRIMARY KEY
IDENTITY(1,1), (2)
CountryID INT NOT NULL,
GenderID INT NOT NULL,
YearID INT NOT NULL,
LifeExpectancy FLOAT NOT NULL,
FOREIGN KEY (CountryID) REFERENCES
Country(CountryID),
FOREIGN KEY (GenderID) REFERENCES
Gender(GenderID),
FOREIGN KEY (YearID) REFERENCES
Year(YearID)
);
```

ChatGPT 3.5 виконав наведену вище нормалізацію частково, але за допомогою додаткових вказівок він отримати повністю нормалізовану структуру бази даних.

Таким чином, ГШІ після донавання має можливості для управління та створення баз даних, адаптуючись до різних предметних галузей. Використання ГШІ в процесі проектування баз даних дозволяє значно скоротити час розробки та автоматизувати процес придбання нових знань для спеціалізованих ШІ що обслуговують роботів.

**Список літератури:** 1. Guizzo E. Types of Robots Categories frequently used to classify robots [Електронний ресурс] / Guizzo E. // Режим доступу www URL: <https://robotsguide.com/learn/types-of-robots> (дата звернення 18.08.2024). 2. A. Kargin, T. Petrenko. Feeling Artificial Intelligence for AI-Enabled Autonomous Systems / *Conference Proceedings of 2022 IEEE Global Conference on Artificial Intelligence and Internet of Things (GCAIoT)*. Alamein New City, Egypt, 18-21 December 2022, P.88-93.

**УДК 656.223**

**Д.т.н., проф. Д.В.Ломотько, магістрант А. М. Жуков**

*Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна*

### **СВІТОВИЙ ДОСВІД В МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ**

На теперішній час АТ «Укрзалізниця» є єдиним та, на жаль, не надто ефективним перевізником як вантажів, так і пасажирів. По-перше, так відбувається через повномасштабну агресію по відношенню до нашої країни, яка спричиняє великі руйнування транспортної інфраструктури щодня. По-друге, немалою проблемою є монополія на ринку перевезень та державне управління АТ «Укрзалізниця», що не спонукає до підвищення якості надання послуг, мінімізації витрат та максимізації прибутків.

Для того, щоб подолати перешкоди на шляху до модернізованої системи залізничних пасажирських перевезень, не потрібно вчитися на власних помилках, достатньо звернутися до досвіду країн світу. За протяжністю залізниць серед розвинутих країн цивілізованого світу лідирують з великим відривом Сполучені Штати Америки, проте вони фокусуються на вантажних перевезеннях і не мають потрібної нам практики впровадження інновацій в пасажирські перевезення. Тож, найвигіднішим варіантом переймання та впровадження найкращих методів управління залізницею для нас є Європейський Союз, куди прагне вступити наша держава.

Досвід високошвидкісних залізничних систем французької TGV, іспанської AVE та німецької Intercity-Express свідчить, що Україні ще дуже далеко до впровадження подібних технологій. Вони потребують великих фінансових вкладень для розбудови інфраструктури, що є невідомою ношею в мирний час, не кажучи вже про реалії війни. Виходячи з вище сказаного, найближчим для нас досвідом з можливістю впровадження практик вже зараз, будуть країни Балтії, які мали подібні до наших початкові стани залізниць у 1991 році та однакову з нами ширину колії у 1520 мм. Розглянемо особливості розвитку технології пасажирських перевезень естонських (EVR), литовських (LTG) та латвійських (LDz) залізниць.

Багато у чому Естонії, Литві та Латвії допоміг вступ до ЄС з його фінансовою допомогою, стандартами та регуляторними актами, що встановили мінімальний поріг, на який потрібно рівнятися. Ці три держави мають схожий шлях розвитку залізниць: поступова заміна застарілого рухомого складу, уніфікація висоти платформ та підлоги рухомого складу для забезпечення максимальної інклюзивності залізниць (тобто збільшення потенційної кількості пасажирів),

створення транспортно-пересадочних вузлів та корпоратизація.

Заміна застарілого рухомого складу, що не відповідає ані стандартам безпеки, ані комфорту проводиться за допомогою швейцарських поїздів Stadler та чеських Skoda, що оснащені найсучаснішими системами безпеки, кліматичного контролю та мають всі необхідні зручності. Такий рухомий склад приваблює потенційних клієнтів, які вагаються, який спосіб перевезень обрати: автомобільний, авіаційний чи залізничний.

Інклюзивність та турбота про осіб з обмеженими можливостями є надважливою практикою для Європейського Союзу, особливо у сфері транспорту. Кожна людина має вільно пересуватися поїздами, не важливо, вона з валізами, велосипедом чи у візку.

Задля залучення максимальної кількості потенційних пасажирів важливо не лише розвивати пасажирські вокзали, але й робити з них зручні транспортно-пересадочні вузли. Це сприятиме збільшенню попиту та сервісу при користуванні залізницею за рахунок створення зручної та доступної системи міського транспорту [1].

Корпоратизація дає можливість мінімізувати корупційні ризики, підвищити ефективність менеджменту та покращити інвестиційну привабливість для потенційних інвесторів у залізниці.

Впроваджуючи всі ці методи, литовські, латвійські та особливо естонські залізниці змогли модернізувати систему пасажирських перевезень, зробивши їх привабливими для пасажирів.

#### Перелік посилань

1. Ломотько Д.В., Красноштан О.М., Кава О.С. Шляхи розвитку логістики міжнародних пасажирських залізничних перевезень: інфраструктурний, операційний та інноваційний аспекти. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. ІКСЗТ, 2023. Том 28, № 1. Харків: УкрДУЗТ, С. 11.-18  
<https://doi.org/10.18664/iksz.v28i1.27633>  
7

УДК 656.212

ШАНДЕР О.Е., доцент, к.т.н.,  
КУЦЕНКО Д.О., аспірант,  
ЗЕМСЬКОВ К.М., СЕМЕНОВА  
Ю.В, магістранти, кафедра  
управління експлуатаційною  
роботою (УкрДУЗТ)

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ З МІСЦЕВИМИ ВАГОНАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ

Організація вантажної роботи відіграє важливу роль в експлуатаційній діяльності залізниць і охоплює низку питань, пов'язаних із перевізним процесом, зокрема його початковими та завершальними етапами: навантаженням та вивантаженням. Цей процес потребує постійного вдосконалення, а його раціональна організація має забезпечувати перевезення з мінімальними витратами, перш за все, для залізничного транспорту. Тому важливе значення для залізничних станцій, вантажних дворів та під'їзних колій має раціональне проектування й організація роботи.

На сьогодні питання раціоналізації процесу організації роботи з місцевими вагонами є надзвичайно актуальним. Вагон перебуває в русі приблизно 25% свого обігу, а решту часу займають вантажні операції та міжопераційні простоя на станціях. Близько 40% часу обігу вагон перебуває на станціях під навантаженням і вивантаженням. На міжопераційні простоя припадає приблизно 45 % часу знаходження вагона на станціях через технологічну та інформаційну неузгодженість роботи. Застарілі технології недостатньо враховують взаємодію всіх підсистем станції та динамічний характер її діяльності. Відомі методи визначення оптимального технічного оснащення залізничних станцій і раціонального розподілу наявних технічних засобів не завжди відповідають необхідній точності розрахунків [1].

Отже, в сучасних умовах для підвищення ефективності роботи вантажних районів залізничних станцій необхідно розробити нові підходи до вдосконалення технології роботи з місцевими вагонами на залізничній станції, використовуючи сучасні теорії та математичні методи. Це дозволить мінімізувати витрати на виконання робіт, забезпечуючи раціональне використання рухомого складу та технічного оснащення. Вирішення цієї задачі сприятиме зменшенню простою вагонів на залізничній станції.

#### Список літератури:

1. O. Shander. Improving the technology of freight car fleet management of operator company/ O. Shander, D. Shumyk, Y. Shander, O. Ischuka// Procedia Computer Science Volume 149, 2019, P. 50-56.

УДК 656.211.5

ШАНДЕР О.Е., доцент, к.т.н.,

ТКАЧОВ Я.В., КОВАЛЬОВА  
А.Є., магістранти, кафедра  
управління експлуатаційною  
роботою (УкрДУЗТ)

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ЗМІНИ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

В умовах інтеграції України до ЄС зростає конкуренція між різними видами транспорту щодо перевезення пасажирів. Оскільки неможливо змусити людей користуватися конкретним видом транспорту, необхідно підвищувати якість пасажирських перевезень і рівень культури обслуговування пасажирів. Основним напрямком розвитку залізничного транспорту в Україні є розвиток швидкісних перевезень з урахуванням змін пасажиропотоку та створення ефективної мережі залізничних швидкісних перевезень. Створення та вдосконалення швидкісних, а згодом і високошвидкісних магістралей забезпечить конкурентні переваги не лише для залізничного транспорту, а й для всієї економіки країни завдяки збільшенню пасажиропотоків. Європейський досвід пасажирських швидкісних перевезень показує, що комерційний успіх досягається шляхом забезпечення безпечної та комфортної подорожі, а також своєчасного прибуття клієнтів до місця призначення [1].

Тому важливо створити математичну модель раціональних варіантів мережі швидкісних залізниць України, з основними показниками, що включають витрати на створення мережі та час доставки пасажирів з урахуванням коливань пасажиропотоків з основних міст країни. Остаточний вибір мережі буде здійснюватися відповідно до сформульованих цілей, при цьому необхідно врахувати ситуацію на ринку транспортних послуг і можливе фінансове забезпечення.

Вдосконалення технології пасажирських залізничних перевезень через раціональне формування мережі швидкісних ліній дозволить точніше визначати маршрути та скоротити час пересування пасажирів до кінцевих станцій, що, в свою чергу, підвищить конкурентоспроможність залізничного транспорту.

#### Список літератури:

1. Шандер, О.Є. Аналіз статистичних даних щодо організації швидкісного руху на мережі залізниць України [Текст] / О.Є. Шандер, Ю.В. Шандер, А.Ю. Гнатенко, Ю.М. Зінченко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2019. – Вип. 185. – С. 14-22

УДК 629.46

ШАНДЕР О.Є., доцент, к.т.н.,  
БОЖЕНКО А.А., ВЛАСЕНКО  
О.В. магістранти, кафедра  
управління експлуатаційною  
роботою (УкрДУЗТ)

### УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

В умовах реформування залізничного транспорту та розробки законопроектів про залізничний транспорт відповідно до європейських директив, Україна повинна здійснити кілька важливих змін на ринку залізничних вантажних перевезень. Основною з них є допуск операторських компаній на залізничну мережу. Для покращення роботи залізничного транспорту, крім цього допуску, необхідно також створити конкурентне середовище на залізниці. Повномасштабне вторгнення РФ в Україну вже спричинило значну шкоду інфраструктурі країни, і ця шкода продовжує зростати. Через це виникає об'єктивна необхідність оперативної перебудови логістичної системи, формування нових ланцюгів постачання вантажів у міжнародному сполученні та зміни напрямків торговельних потоків у зв'язку з блокадою українських морських портів і частковою втратою залізничної мережі. У таких умовах важливим є своєчасне задоволення потреб замовників у вантажоперевезеннях та ефективне управління порожнім парком вантажних вагонів різних форм власності на залізничній мережі.

Аналіз показників роботи залізничного транспорту свідчить, що протягом останніх 10 років спостерігається значний дефіцит рухомого складу. Оскільки існуючі методи управління вагонним парком базуються на централізованому розподілі вагонів операторських компаній, можливість окремого управління парком вагонів самими операторами виключена. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом формування тарифної складової для перевезень у вагонах різних форм власності. Також важливим є розподіл пропускних спроможностей залізниці між операторськими компаніями та визначення відповідальності сторін при перевезенні у власних вагонах вантажовідправників [1,2].

На основі цього актуальним є розробка автоматизованої технології управління вагонопотоками, що базується на інтелектуалізації системи на всіх етапах транспортного процесу, з урахуванням вимог залізниці та операторських компаній. Виконання цих умов забезпечить

гнучкість системи та підвищить ефективність транспортного обслуговування.

Список літератури:

1. O. Shander. Improving the technology of freight car fleet management of operator company/ O. Shander, D. Shumyk, Y. Shander, O. Ischuka// Procedia Computer Science Volume 149, 2019, P. 50-56.

2. Пархоменко, Л.О. Розроблення СППР для управління процесом формування контейнерних поїздів у рамках системи інтермодальних перевезень / Л.О. Пархоменко, В.М. Прохоров, Т.Ю. Калашнікова, О.Е. Шандер// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2023. – № 3. – С. 29-32.

УДК 656.2

*А.В. Прохорченко, д.т.н., професор  
А.М. Киман, докторант  
Український державний університет  
залізничного транспорту (м. Харків)*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ В ПОЇЗДИ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ КОМПЛЕКСНИХ МЕРЕЖ**

Організація вагонопотоків на залізничній мережі України є критично важливим аспектом ефективного функціонування транспортної системи країни. В умовах перспектив післявоєнного відновлення економіки України, і як наслідок прогнозного зростання обсягів перевезень та підвищених вимог до якості транспортних послуг, виникає необхідність глибокого вивчення макrorівневих характеристик залізничної системи для виявлення вузьких місць та оптимізації процесів перевезень. Аналіз макропоказників транспортного процесу дозволяє ідентифікувати елементи залізничної мережі, які мають найбільший вплив на ефективність перевезень. Це, у свою чергу, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень щодо модернізації інфраструктури та покращення організаційних аспектів роботи залізничної системи. В межах теоретичної рамки розвитку залізничної системи відповідно до принципів високої оптимізованої толерантності (НОТ – Highly Optimized Tolerance), що характеризує складні системи, які на базі інженерного проєктування еволюціонували для максимізації пропускної спроможності при

одночасній толерантності до певних збоїв – заторів при перевантаженнях. В роботі запропоновано застосувати теорію комплексних мереж у дослідженні залізничної системи як складної графової структури, що надає можливість глибше зрозуміти структурні та динамічні властивості системи, а також виявити критичні вузли та зв'язки, що впливають на стабільність та ефективність перевезень.

В роботі проведено аналіз наукових досліджень щодо вивчення з позиції теорії комплексних мереж різних залізничних систем світу, зокрема: Індії, Китаю, Італії, Мексики, тощо. Встановлено, що не всі залізничні системи мають властивість безмасштабності. Для виявлення впливових станцій в мережі виконано статистичну оцінку топології графової мережі, що формалізує План формування поїздів (ПФП) у 2018-2019 році. Розраховано показники, такі як вхідний, вихідний і загальний степінь центральності (англ., degree centrality), центральність за близькістю до інших вершин (англ., closeness centrality), центральність за посередництвом (англ., betweenness centrality). Для аналізу швидкості доставки вантажів за ПФП, що досліджувався, розраховано щільність та діаметр мережі. Виконаний аналіз розподілу степенів вершин центральності не дозволив з впевненістю підтвердити гіпотезу належності мережі призначень ПФП у 2018-2019 році до безмасштабних мереж.

Використання підходів теорії комплексних мереж спрямоване на формування наукових основ управління розвитком залізничної мережі на основі макроаналізу транспортних процесів. Це сприятиме підвищенню стійкості системи до зовнішніх впливів, оптимізації логістичних ланцюгів та забезпеченню високого рівня якості транспортних послуг.

1. Newman, M. E. J. (2010). Networks: An Introduction. Oxford University Press.
2. Carlson, J. M. and Doyle, J. (1999) Highly optimized tolerance: A mechanism for power laws in designed systems. Phys. Rev. E. Vol. 60(2). P.1412-1427. Doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.60.1412>
3. Newman, M.E. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. SIAM Rev., 45, 167-256.

*Канд. техн. наук А.О. Ковальов, канд. техн. наук  
О.В. Ковальова, магістрант Прохорченко Ю.В.  
Український державний університет залізничного  
транспорту (м. Харків)*

**ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ КОМЕРЦІЙНОЇ  
ПРИДАТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Питання, що пов'язані із ефективністю розподілу порожніх транспортних засобів за рахунок постійного оновлення інформаційної складової відповідних автоматизованих робочих місць, забезпеченням вантажовідправників достатньою кількістю такого рухомого складу в належному обсязі, в теперішній час розглядаються у значній кількості наукових праць українських і зарубіжних науковців. Зокрема розглядаються питання, пов'язані з нехваткою порожніх транспортних засобів та несвоєчасною їх подачею під вантажні операції з причини недостатньої пропускної спроможності залізничних станцій та напрямків. Проте в цих роботах в недостатній мірі приділяється увага придатності таких засобів у технічному та комерційному відношеннях під навантаження, своєчасній подачі, розташуванню технічних станцій і станцій формування составів, на яких необхідно провести навантаження. Також в наукових працях недостатньо розглянуто вплив саме комерційної придатності порожніх транспортних засобів для їх навантаження відповідними видами вантажів.

Відомо, що придатність порожніх транспортних засобів в комерційному відношенні під завантаження відповідного виду вантажу, залежить від їх технічного стану, а також від інтенсивності експлуатації. Таким чином визначення можливого варіанту розподілу рухомого складу безпосередньо залежить від отримання повної та достовірної інформації про терміни і умови його експлуатації.

На даний час одним із варіантів опису стану порожніх транспортних засобів є варіанти описання відповідною лінгвістичною змінною, яка приймає два значення: транспортний засіб придатний та непридатний [1]. В роботі запропоновано уточнення такого опису комерційної придатності порожніх транспортних засобів на основі введення лінгвістичної змінної, яка може мати три значення:

- придатний стан (термін експлуатації не вийшов);
- придатний стан (термін експлуатації подовжений);
- непридатний стан [2].

При цьому виникає завдання відрізнити перші дві змінні. Для вирішення питання про розподіл порожніх транспортних засобів необхідно визначити рівень їх комерційної придатності не в лінгвістичних змінних, а в чисельних.

Отже, рівень комерційної придатності порожніх транспортних засобів, %, може бути визначений наступним чином

$$\mu(a) = \frac{K_{mc} - K_{me}}{K_{mc}} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $K_{mc}$  – повним термін служби транспортного засобу, р.;

$K_{me}$  – термін експлуатації транспортного засобу, р.

За допомогою розрахунку рівня комерційної придатності порожніх транспортних засобів можливо надати оцінку рухомому складу з урахуванням історії його експлуатації. Визначення рівня придатності позначено такими змінними, що враховують стан порожніх транспортних засобів: придатність рухомого складу до експлуатації з незакінченим терміном служби, з подовженим терміном служби або непридатність транспортного засобу до експлуатації.

[1] Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: підручник. Харків: РВВ УкрДАЗТ, 2003. Т.1. 246 с.

[2] Ломотько Д.В., Ковальов А.О., Ковальова О.В. Визначення коефіцієнтів інтенсивності експлуатації транспортних засобів для різних типів вантажів. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Харків: УкрДАЗТ. 2014. № 3. С. 28-33.

*Канд. техн. наук А.О. Ковальов, магістрант Д.Ю. Прокопенко*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ

Залізничний транспорт України відіграє провідну роль у здійсненні економічних та інших зв'язків між різними галузями промисловості. Тож, реструктуруючи його, держава забезпечить собі міжнародне рівноправне партнерство, що буде стимулюватиме подальший розвиток економіки і сприяти модернізації виробничо-технічної бази. Таким чином, з розвитком української залізниці, як сектору економіки, буде відбуватися відповідний розвиток і інших галузей.

За умови впровадженні швидкісного руху підлягають повній або частковій заміні усі наявні зараз системи кодування та автоблокування. Для цього необхідно використати багатозначну автоматичну локомотивну сигналізацію, яка

обладнана системою управління гальмуванням поїздів, також провести коригування довжини дільниць наближення до переїздів та ін.

Побудова швидкісних і високошвидкісних магістралей надасть змогу вирішити багато транспортних та загальнодержавних проблем, а також дозволить забезпечити:

- зменшення витрат часу на поїздки пасажирів;
- зростання частки перевезень залізничним транспортом на ринку транспортних послуг;
- скорочення собівартості пасажирських перевезень;
- оновлення деяких типів транспортних засобів залізниць;
- інтеграцію залізниці у мережу швидкісного та високошвидкісного сполучення Європи;
- зростання мобільності населення;
- розвиток та стимулювання соціальної інфраструктури регіонів держави;
- зростання науково-технічного потенціалу держави;
- створення додаткових робочих місць.

Реалізація великомасштабного проекту, що має не тільки економічну, але і соціальну значимість за рахунок тільки власних коштів організації не завжди можлива. Отже, потрібно долучати до фінансування інвесторів. Суб'єкти інвестиційної діяльності – інвестори, підрядники, замовники, користувачі об'єктів інвестицій та інші особи.

Інвестори – це суб'єкти, які здійснюють вкладення коштів в об'єкти інвестиційної діяльності. В якості інвесторів виступають:

- органи, уповноважені управляти муніципальним і державним майном або майновими правами (державні інвестиції);
- громадяни, підприємства та інші юридичні особи (підприємницькі інвестиції);
- іноземні фізичні та/або юридичні особи, держави і міжнародні корпорації (іноземні інвестиції).

Допускається об'єднання інвесторами коштів для здійснення спільного проекту.

У цьому разі виникає необхідність залучення капіталу зі сторони. Запропоновано цільову функцію [1], яка дозволяє визначити суму залучених коштів для реалізації проекту:

$$I = \left( \frac{100\% - \frac{N \cdot 100\%}{Z}}{100\%} \right) * K_{np} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $I$  – сума потрібних інвестицій для реалізації великомасштабних проектів з державних джерел;

$N$  – внутрішня норма прибутковості за проектом;

$Z$  – внутрішня норма прибутковості в галузі;

$K_{np}$  – капітальні вкладення за проектом, грн.

Таким чином, використовуючи наведені підходи, можливо визначити суму потрібних інвестицій для реалізації великомасштабних проектів з державних або інших джерел в кожному конкретному випадку для модернізації залізничного полотна або побудови спеціалізованих колій, придбання спеціального рухомого складу.

[1] Ковальов А.О., Продашук С. М., Слободянюк В.О., Шульженко І.І., Горбатенко О.В. Організація високошвидкісного руху на напрямку. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. 2020. Вип 192. С. 52-60.

## УДК 656.2

*М.А. Кравченко, докторант*

*С.А. Золотарьов, аспірант*

*О.В. Новіков, аспірант*

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ СИСТЕМ В РІЗНИХ УМОВАХ СТРУКТУРОВАНОСТІ ОПЕРАЦІЙ

Залізнична система України є важливим елементом національної транспортної інфраструктури, що забезпечує значну частку вантажних і пасажирських перевезень. Її ефективне функціонування має вирішальне значення для економічного розвитку України, інтеграції до європейського транспортного простору та підвищення конкурентоспроможності на міжнародних ринках. В сучасних умовах доступу до міжнародних вантажних залізничних коридорів (RFC) мережі TEN-T, постає необхідність детального аналізу експлуатаційних показників залізничної системи України в різних умовах роботи.

В роботі проведено комплексний аналіз макропоказників експлуатації залізничної системи України та різних країн сусідів. Особливу увагу приділено дослідженню технологій перевезень вагонних відправок у поєднанні з маршрутними поїздами, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та знизити операційні витрати. Аналіз включав вивчення структурованості операцій та гнучкості управління в різних залізничних системах, що впливає на швидкість доставки вантажів. Порівняльний аналіз експлуатаційних показників



виявив ключові фактори, що впливають на ефективність роботи залізничної системи. Зокрема, доведено важливість підвищення точності руху поїздопотоків, що сприяє зменшенню затримок, підвищенню пропускної спроможності та поліпшенню загальної надійності залізничної системи. Отримані результати підкреслюють необхідність впровадження сучасних технологій та підходів до управління, що відповідають європейським стандартам та практикам.

Дане дослідження має на меті сформулювати вимоги до формалізації технології перевезень вагонних відправок на залізничній мережі та синхронізації з графіком руху поїздопотоків міжнародних транспортних коридорів. Це дозволить змодельовати різні сценарії роботи з урахуванням рівня гнучкості операцій для формування практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності експлуатації залізничної системи України, що є особливо актуальним в контексті її інтеграції до міжнародних транспортних коридорів та участі в глобальних логістичних ланцюгах.

1. Прохорченко А.В., Кравченко М.А., Гурін Д.О. Дослідження впливу технології перевезень вантажів за розкладом руху на макропоказники залізничної системи України. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія "Транспортні системи і технології". 2020. №36. С. 184-198. URL: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-36-19>
2. Abril M., Barber F., Ingolotti L., Salido M.A., Tormos P., Lova A. An assessment of railway capacity. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2008. Vol.44, № 5. P.774-806.

УДК 656.21.001.57

*В. В. Кулешов, кандидат технічних наук,  
доцент,*

*О.С. Писаревський, В.Г. Мартинець  
Український державний університет залізничного  
транспорту*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ОПОРНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ПАРКОМ РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ**

В Україні на теперішній час більшість перевезень виконується власним парком операційних компаній. Так, корисний парк ЦТЛ по всім типам вантажних вагонів складає близько 18

тис. вагонів. Фактичний обіг власного вагона ЦТЛ 9,5 доби. Середньодобове навантаження 5465 вагони. Середньодобове фактичне навантаження у власних вагонах ЦТЛ 328 вагонів. Задіяний парк власних вагонів ЦТЛ 3116 вагонів.

В умовах повномасштабної війни, розв'язаної Росією проти України, залізниці виявилися артеріями, що підтримують стабільне функціонування вітчизняної економіки. Організація роботи опорної станції повинна враховувати сучасні інформаційні технології.

Функції опорної станції, як правило, може виконувати дільнична, сортувальна або вантажна залізнична станція, на якій виконуються операції із технічного обслуговування, комерційного огляду вагонів, оформлення перевізних документів [1].

Опорні станції та підпорядковані їм станції працюють на робочих місцях, які використовують автоматизовані робочі місця (АРМ) єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями АТ «Укрзалізниця» (АСК ВП УЗ-Є). Вони забезпечують підвищення продуктивності та якості роботи працівників станцій за рахунок автоматизації обробки та збереження інформації, видачі документів на поїзди, оперативності та обґрунтованості прийняття рішень управління станціями, видачі рекомендацій по регулюванню станційних процесів, подання необхідних даних для прийняття рішень управління в регіональних філіях та АТ «Укрзалізниця» в цілому.

Призначення АСК ВП УЗ-Є: автоматизація технологічних процесів роботи станції; надання оперативної інформації з метою прийняття управлінських рішень персоналом станції; підвищення рівня достовірності вхідної інформації, станційних звітів, оперативної довідкової інформації, переданої у системи верхнього рівня, за рахунок комплексного логічного контролю.

АСК ВП УЗ-Є є системою організаційного управління і функціонує на базі інформації, що вводиться з автоматизованих робочих місць користувачами - працівниками станцій, наприклад АРМ\_СТЦ, АРМ\_ДСП, операторами при ДСП, агентами комерційними, товарними касирами, прийомоздавальниками вантажу.

В ряді досліджень розглянуті окремі важливі питання організації технологічних маршрутів з місць навантаження на опорних станціях; розглянуті умови сервісу перевезень, дотримання термінів доставки вантажів [2,3,5,6].

Але для можливості інтеграції всієї управлінської, фінансової і технічної інформації також необхідно створення єдиного інформаційного простору комплексів задач управління перевезеннями у взаємодії з користувачами в рамках послуг та сервісів, які надають в АТ «Укрзалізниця».

Підсистема «е.Портал УЗ-Карго» побудована за трирівневою архітектурою (сервер баз даних – сервер додатків – користувач). Схема функціонування підсистеми (ПС) «е.Портал УЗ-Карго» в умовах АСК ВП УЗ-Є наведена на рисунку. ПС «е.Портал УЗ-Карго» - єдиний електронний

портал вантажних перевезень створений для автоматизації процесів взаємодії з користувачами в рамках послуг та сервісів, які надаються АТ «Укрзалізниця» або структурними підрозділами.

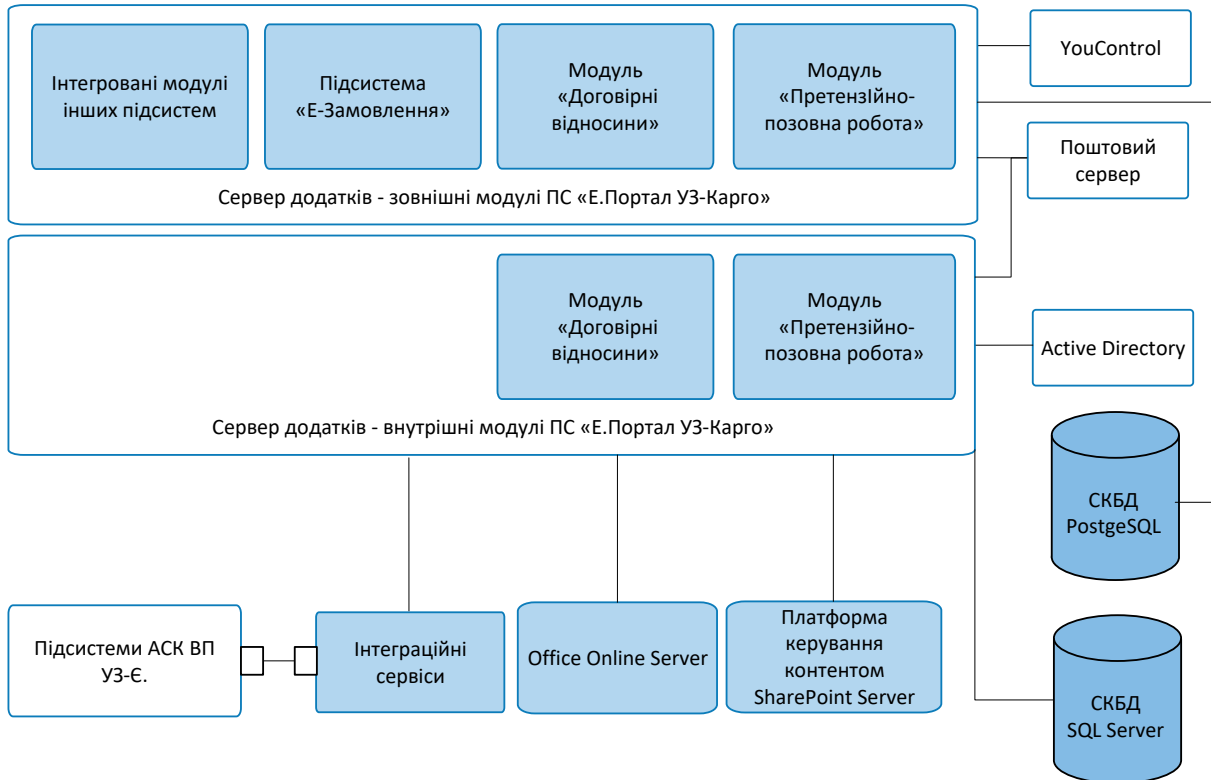


Рис. 1. Схема функціонування підсистеми «е.Портал УЗ-Карго» в умовах АСК ВП УЗ-Є

На структурній схемі наведені ключові компоненти підсистеми «е.Портал УЗ-Карго», внутрішні та зовнішні інформаційні підсистеми. Зовнішній модуль ПС «е.Портал УЗ-Карго» призначений для забезпечення автоматизованої взаємодії із користувачами. Внутрішній модуль ПС «е.Портал УЗ-Карго» призначений для забезпечення автоматизації бізнес-процесів в структурних підрозділах АТ «Укрзалізниця» та інтеграції з іншими підсистемами АСК ВП УЗ-Є.

Для роботи клієнтів «е.Портал УЗ-Карго» для замовлення послуг з вантажних перевезень АТ «Укрзалізниця» впроваджує єдине цифрове вікно.

В «е.Портал УЗ-Карго» зосереджені електронні сервіси для організації перевезень вантажів залізничним транспортом та для отримання інших послуг, пов'язаних з ними.

Наприклад, надання планів та замовлень на перевезення, обміну електронними документами

та даними щодо послуг з організації перевезень, проведення розрахунків за них тощо.

Особистий кабінет замовників послуг для роботи в системі «е.Портал УЗКарго» розроблено з використанням програмних рішень, які дозволяють зручно та швидко виконувати налаштування відповідно до власних потреб і спрощують процедуру реєстрації та автентифікації у системі.

«е.Портал УЗ-Карго» оснащено сучасними засобами захисту інформації від несанкціонованих втручань у роботу системи та інших спробів зламу. При цьому АТ «Укрзалізниця» постійно проводить роботу по удосконаленню роботи системи, та усі нові сервіси, пов'язані з вантажними перевезеннями, будуть розміщатися у системі «е.Портал УЗ-Карго».

Мета удосконалення ПС «е.Портал УЗ-Карго»:

- розширення можливостей підсистеми для забезпечення додаткового обліку інформації;

- виконання розрахунків та аналізу даних які виникають при роботі із претензіями та позовами у внутрішньому модулі підсистеми АСК ВП УЗ-Є «е.Портал УЗ-Карго»;
- розширення функціональних можливостей підсистеми для забезпечення додаткових сценаріїв роботи користувачів з електронними двосторонніми договорами в підсистемі АСК ВП УЗ-Є «е.Портал УЗ-Карго»;
- розширення функціональних можливостей зовнішнього модуля підсистеми АСК ВП УЗ-Є «е.Портал УЗ-Карго» для забезпечення ефективної комунікації з користувачами.

#### Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 03.10.2024).
2. Данько М.І., Кулешов В.В. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*, 2004. Вип. 57. С. 121-128.
3. Данько М.І., Кулешов В.В., Ломотько Д.В. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*, 2012. Вип. 129. С. 5-12.
4. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. М.: Дело, 2004. 437 с.
5. Sathaporn Opananon, Songyot Kitthamkesorn Border crossing design in light of the ASEAN Economic Community: Simulation based approach. *Transport Policy*. Vol. 48, 2016. P. 1-12.
6. Thijs Dewilde, Peter Sels, Dirk Cattrysse, Pieter Vansteenwegen Robust railway station planning: An interaction between routing, timetabling and platforming. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. Vol. 3, 2013. P. 68-77.
7. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Математические методы и модели исследования операций. 5 изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2009. 400 с.

УДК 656.2:330.3

к.е.н., доцент **О.В. Орловська**,  
**Національний університет**  
**«Львівська політехніка»**  
 м. Львів, Україна,

## ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ В ЄВРОПЕЙСКУ ТРАНСПОРТНУ МЕРЕЖУ

**Анотація:** розглядаються питання інтеграції залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему, визначені проблеми, з якими стикається залізничний транспорт сьогодні. Приділена увага факторам, що впливають на розвиток галузі в умовах військового стану, визначені основні шляхи розвитку залізниці.

**Ключові слова:** транскордонне співробітництво, залізничний транспорт, євроінтеграція, вантажні перевезення, мультимодальні перевезення.

Сьогодні питання інтеграції національної транспортної системи у ЄТС для нашої країни стають особливо актуальним. Військові дії на території України та гостра загроза існуванню демократичного світу вимагають від політиків реальної оцінки ситуації, швидких дій щодо допомоги Україні, а також розробки перспектив подальшого розвитку країн Європи у сфері транспортного забезпечення. Значну роль у розгляді даного питання відіграє Україна. Її вигідне геополітичне положення надає можливість країнам Західної Європи проектувати та створювати нові вигідні транспортні маршрути, планувати плідну співпрацю не тільки з Україною, але й іншими країнами.

Головним пріоритетом для розвитку транспортної інфраструктури європейських країн визначено усунення «кордонів-бар'єрів» європейського простору, що дозволить розвивати транскордонне співробітництво. З метою створення єдиного транспортного простору для здійснення міжнародних торгово-комерційних операцій Україна була включена до ТЕН-Т як країна з високим транзитним потенціалом. Згідно Національної транспортної стратегії України «Drive Ukraine 2030», Україна приймає участь у розбудові важливого стратегічного транспортного коридору, що сполучає Європу і Азію. Це дозволить нашій країні не тільки поглибити співпрацю з країнами-партнерами, а також заявити про себе як серйозного гравця на ринку транспортних послуг.

Територією України проходять частково два мультимодальні транспортні коридори: Рейн-Дунайський та Середземноморський. Це відкриває для країни великі можливості для розвитку міжнародної торгівлі на основі впровадження вантажних мультимодальних перевезень. Значна увага вчених України та європейських країн приділяється сьогодні пасажирським мультимодальним перевезенням. Для пасажирського

транспорту інтеграція залізничної мережі нашої країни дозволить відкривати і визначати більш вигідні шляхи сполучення з мінімізацією часу знаходження у дорозі. Крім того, в умовах конкуренції на транспортному ринку, політика функціонування пасажирського транспорту вимагає перегляду рівня надання пасажиром транспортних послуг з орієнтацією на підвищення комфорту та сервісного обслуговування пасажирів. Таким чином, транспортна система пов'язує у єдиний процес виробничу інфраструктуру, ресурсну складову та трудові ресурси регіонів нашої країни, співпрацю між Україною і країнами Європи, здійснюючи пасажирські та вантажні перевезення.

Розбудова нових транспортних маршрутів із залученням коштів Європейського інвестиційного банку та Світового банку дозволить Україні стати повноправним членом Європейського простору [2].

Західний кордон України межує із сьома країнами Європи, що відкриває для країн заходу великі можливості щодо розбудови транспортних коридорів, відкриття нових шляхів сполучення, з'єднуючи Європу з країнами Азії з метою розширення транспортних та комерційних інтересів. Розробляються нові варіанти доставки вантажів до адресата з метою скорочення часу знаходження вантажу в дорозі.

Однак, впровадження процесу інтеграції виявило ряд серйозних проблем, які необхідно було вирішити давно задля підвищення рейтингу залізниці, а сьогодні ці невирішені проблеми стають на заваді якісній співпраці.

Не менш важлива проблема полягає у технічній відсталості існуючих елементів залізничної інфраструктури, яка, на жаль, не здатна забезпечити якісні транспортні послуги згідно європейським вимогам. Для виправлення даної ситуації необхідно постійно моніторити сучасних технічних ринок, слідкувати за пропозиціями від вітчизняних та закордонних підприємств залізничної галузі, проваджувати новітні технології або удосконалювати існуючі. Крім цього, виявлені суттєві прогалини у законодавчій базі, яка потребує постійного узгодження та удосконалення, особливо в умовах військового часу.[4]

Інтеграційний процес залізничного транспорту дає можливість до активізації транспортно-логістичних технологій, розробки нових способів перевезення, таких як комбіновані перевезення, а також впровадження мультимодальних перевезень не тільки вантажів, а й пасажирів. На долю мультимодальних та інтермодальних перевезень вантажів в Україні припадає приблизно 0,5 відсотків всього національного транспортного ринку, що в декілька разів менше, ніж в країнах Європи [3].

Транспортна політика ЄС направлена на комплексне координування транспортної системи, де розглядаються можливості для удосконалення існуючих транспортних мереж: автомобільного, залізничного, водного (річкового) транспорту. Це визначає політику нашої країни щодо розвитку регіонів країни та їх співпраця із транспортними мережами сусідніх країн. Особлива увага сьогодні приділяється західному регіону країни, так як він межує з 5 країнами західної Європи і це дає значні переваги регіону для транскордонного співробітництва.

### Список літератури

1. Транс'європейська транспортна мережа. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t-en>
2. Транскордонне співробітництво України: стан, проблеми, перспективи: монографія / За ред. І.В. Артьомова. – Ужгород: МПП «Гражда», 2012. – 520с. (ст. 72-75)
3. Bielova A., Novalska, N., & Orlovska, A. (2019). Актуальні питання розвитку мультимодальних перевезень в Україні. *Review of Transport Economics and Management*, 2(18). <https://doi.org/10.15802/rtem.v18i2.191243>
4. В.Яновська, О.Баранівський. Інтеграція національної транспортної в транс'європейську транспортну мережу: тренди і перспективи системи. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Економіка і управління», 2021. Вип. 49

---

*ПРИЛИПКО А.А., к.т.н., доцент (Український державний університет залізничного транспорту)  
ЗМІЙ С.О., к.т.н., доцент (Український державний університет залізничного транспорту)*

---

### Підвищення чутливості точкових колійних датчиків

В нашій країні залишилося багато точкових колійних датчиків (ТКД) з часів СРСР. Це індукційні - ПБМ 56, ДМ88, диференціальний ДП 50 80. Ці датчики були розроблені для гіркової централізації. Є також нові розробки Українського виробника. Це ДЕ 96 з генераторним реєстратором та датчики планки ДПД. Для систем, для яких потрібні ТКД з високою точністю знаходження позиції осі колісної пари, надійного рахунку осей при великих швидкостях, в теперішній час

доводиться закуповувати за кордоном. Ці ТКД в першу чергу економічно не вигідно впроваджувати, а в другу вони не зовсім пристосовані для наших умов праці. Деякі ТКД, за вимогою їх виробників, взагалі доводиться закуповувати разом з системами, що в умовах війни не припустимо для вітчизняного товаровиробника.

У доповіді представлені результати вивчення методів підвищення чутливості точкового колійного датчика за рахунок реєстрації зміни величини магнітного поля у зоні спрацювання чутливого елемента під дією залишкового поля колеса колісної пари рухомої одиниці залізничного транспорту та рейки.

Отримана інформація надає змогу підвищити чутливість наявних залізничних точкових колійних датчиків та налаштувати їх для конкретних вимог магістрального та промислового транспорту. Розроблені методи реєстрації зміни величини магнітного поля у зоні спрацювання чутливого елемента може стати основою для майбутніх наукових розробок.

#### Список літератури:

1. Пат. 127127 Україна, МПК В61L1/08, В61L25/00, G08G7/00. Відмовостійкий колійний індуктивний датчик / Бабасв М.М., Ананьєва О.М., Прилипка А.А., Змій С.О., Мороз В.П., Куценко М.Ю., Щєбликіна О.В., Панченко В.В. Заявник і патентовласник: Український державний університет залізничного транспорту, Харків; за реєстр. 11.05.2023, бюл. № 19/2023
2. Прилипка А. А. Моделювання точкових колійних датчиків з підвищеною завадостійкістю [Текст] / А. А. Прилипка, С. О. Змій, О. А. Бойнік // Інформаційно – керуючі системи на залізничному транспорті, 2019 УкрДАЗТ, 2019. – Вип. №5– С. 32-39.
3. Бойнік, А.Б. Вибір типу чутливого елемента для точкового колійного датчика / А.Б. Бойнік, А.А. Прилипка, А.А., О.Ю. Каменєв, О.В. Лазарєв, О.В. Щєбликіна// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –2017. – №2. – С. 31-39.

#### УДК 656.2

*Г.О. Прохорченко, к.т.н., доцент  
Т.М.Курганевич, магістрант,  
О.О.Лукін, магістрант  
Український державний університет  
залізничного транспорту (м. Харків)*

**УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛІВ ПРИ  
ОБСЛУГОВУВАННІ ПАСАЖИРІВ**

## МІЖНАРОДНОГО ШВИДКІСНОГО СПОЛУЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Сучасний розвиток залізничного транспорту України в умовах зростаючих обсягів міжнародних перевезень вимагає підвищення ефективності роботи залізничних вокзалів. Особливої уваги набувають питання обслуговування пасажирів міжнародного швидкісного залізничного сполучення, для яких зручність, швидкість та комфорт стають ключовими чинниками при виборі виду транспорту. Пасажири швидкісних поїздів очікують на високий рівень обслуговування, мінімізацію часу очікування та максимальну зручність у користуванні інфраструктурою залізничних вокзалів, зокрема при перетині державного кордону. На даний час виникають значні затримки пасажирських поїздів, що спричиняє перевантаження вокзалу та вимагає швидкої зміни маршрутів руху пасажирів до пересадочних платформ. Відсутні дієві механізми інформування пасажирів, що вимагає створення комплексної цифрової системи, яка б забезпечувала ефективну організацію пасажиропотоків на залізничних вокзалах. Така система має враховувати особливості міжнародних швидкісних залізничних перевезень, що вимагають максимальної оперативності та точності у наданні інформації про рух поїздів, маршрутизації пасажирів на вокзалі.

В даному дослідженні проведено аналіз діючих підходів до побудови системи орієнтування пасажирів на вокзалах. Проаналізовано розклад руху швидкісних пасажирських поїздів на мережі АТ “Укрзалізниця”. Виявлено, що графік руху на прикордонних дільницях є нестабільним, що приводить до коливань завантаження залізничних вокзалів на кордоні. Для виявлення проблем в організації руху пасажирів при пересадці між швидкісним пасажирським поїздом та звичайними поїздами для продовження подорожі. Розроблено математичну модель руху пасажиропотоків, що передбачає можливість встановлення для кожного пасажирів або групи власних сценаріїв пересадки. Проведено моделювання пересадки з проходженням прикордонного та інших видів контролю. Для удосконалення роботи залізничних вокзалів при обслуговуванні пасажирів міжнародного швидкісного сполучення запропоновано інтегрувати математичне моделювання руху пасажирів для побудови раціональних маршрутів руху пасажирів на вокзалі до цифрової платформи для онлайн-навігації, що дозволить значно полегшити пересування пасажирів та сприяти швидкому доступу до важливої інформації про поїздки. Запропонована цифровізація навігації пасажирів швидких поїздів стане важливим кроком до підвищення якості обслуговування та

конкуреноспроможності залізничного транспорту в міжнародних пасажирських перевезеннях.

1. Прохорченко А. В., Паламарчук В. В. Удосконалення системи орієнтування пасажирів на залізничних вокзалах України в умовах запровадження швидкісного руху пасажирських поїздів. Зб. наук. пр. Укр. держ. універ. залізнич. трансп., 2017. Вип. 169. С. 213–224.

2. Jabłoński, M. (2022). Digital Transformation in Rail Transport—Key Challenges and Barriers. In: Digital Safety in Railway Transport—Aspects of Management and Technology. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96133-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96133-6_5)

**УДК 656.223.2.001.18**

*В.М. Лоза (215-МКТ-Д23)  
Керівник – доц. Л. І. Рибальченко  
Український державний університет  
залізничного транспорту (УкрДУЗТ)*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ТА МИТНИЙ КОНТРОЛЬ**

Залізничний транспорт є важливим компонентом транспортно-логістичної системи України, який відіграє значну роль у міжнародній торгівлі та перевезенні внутрішніх вантажів. З огляду на зростаючу потребу в ефективних і надійних транспортних рішеннях, особливо в сучасних умовах, необхідно постійно вдосконалювати процеси перевезення вантажів і спрощувати митні процедури. Ці заходи є важливими для підвищення конкуреноспроможності українських компаній на міжнародних ринках, забезпечення швидкої доставки товарів та оптимізації логістичних витрат.

Основні напрямки вдосконалення залізничних вантажних перевезень пов'язані з технологічною модернізацією, оптимізацією логістичних процесів і покращенням інфраструктури.

Автоматизація процесів: впровадження цифрових рішень для управління залізничним транспортом та обліку вантажів дозволить знизити людський фактор, прискорити операції та мінімізувати помилки. Використання систем моніторингу, управління транспортом в реальному часі та автоматизованих рішень для сортування та контролю вантажів допоможе забезпечити більшу точність і надійність.

Оптимізація логістичних маршрутів: залізничний транспорт має можливість ефективно обслуговувати великі обсяги вантажів на довгих дистанціях. Перенаправлення перевезень через західні кордони та розвиток нових міжнародних транспортних коридорів, наприклад, у напрямку ЄС, є пріоритетним завданням. Такі коридори дозволять Україні зміцнити торговельні зв'язки з європейськими країнами та поліпшити доступ до ринків.

Відновлення та розвиток інфраструктури і її модернізація є одним з пріоритетних завдань. Реконструкція колій, мостів, станцій та вантажних терміналів повинна враховувати сучасні вимоги до безпеки, швидкості перевезень та їх ефективності.

Митний контроль є невід'ємною частиною процесу міжнародних вантажних перевезень. Швидкість і ефективність проходження митних процедур значною мірою впливають на загальний час доставки товарів, вартість перевезень і конкуреноспроможність транспортних рішень. Для підвищення ефективності залізничних вантажних перевезень необхідно удосконалити систему митного контролю.

Спрощення митних процедур: часом митний огляд є одним із найбільших факторів затримки вантажів на кордоні. Впровадження програм спрощеного митного контролю (наприклад, АЕО — уповноважений економічний оператор) може значно скоротити час перевірки вантажів, забезпечуючи швидкий та пріоритетний прохід через митні пункти. Це також дозволить підвищити рівень довіри між митницею та транспортними компаніями.

Цифровізація митних операцій: використання електронних митних декларацій та автоматизованих систем перевірки документів може значно скоротити паперові процедури та знизити кількість помилок під час оформлення вантажів. Електронна система митного оформлення також дозволить інтегрувати залізничні перевезення з іншими видами транспорту, забезпечуючи безперервність логістичного ланцюга.

Інтеграція з міжнародними стандартами: Співпраця з міжнародними митними органами та впровадження стандартів, прийнятих в Європейському Союзі та інших провідних економіках, допоможе спростити процеси перевезення товарів через кордони. Це може включати гармонізацію митних процедур, впровадження уніфікованих документів та застосування загальних правил для перевірки вантажів.

Застосування технологій сканування та моніторингу вантажів. Використання новітніх технологій сканування та перевірки контейнерів і вагонів дозволить зменшити час на фізичний огляд



вантажів. Це особливо важливо для великих партій товарів або вантажів, що потребують особливого контролю.

Створення спільних логістичних центрів: облаштування терміналів для спільного проведення митних процедур і вантажних операцій може значно прискорити процеси на кордонах. Такі центри можуть бути оснащені всім необхідним обладнанням для швидкої перевірки вантажів та оформлення документів.

Обмін інформацією: постійний обмін інформацією між митними органами, транспортними операторами та вантажовідправниками дозволяє оптимізувати процеси перевезення і мінімізувати ризики затримок. Розробка єдиних цифрових платформ для моніторингу руху вантажів та спрощення процесів перевірки дозволить значно покращити координацію дій між усіма учасниками.

Удосконалення вантажних перевезень залізничним транспортом та спрощення митних процедур є важливими завданнями для розвитку економіки України, особливо в умовах сучасного стану та європейської інтеграції. Впровадження сучасних технологій, оптимізація маршрутів, оновлення інфраструктури і рухомого складу, а також полегшення митного контролю сприятимуть підвищенню ефективності залізничного транспорту та створенню сприятливих умов для міжнародної торгівлі.

1. Порядок здійснення митного контролю залізничних транспортних засобів перевізників і товарів, що переміщуються ними, у пунктах пропуску через державний кордон: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/3869311>
2. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України: [Текст]: офіц. текст: [прийнято та надано чинності наказом Укрзалізниці від 15 грудня 2004 р № 969-ЦЗ]. –К.: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень. – 2004. – 48 с.
3. Інформація про Українські залізниці: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zalznici.html>
4. Національна Транспортна Стратегія України до 2030 року: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UD/D/National\\_Transport\\_Strategy\\_2030.pdf](http://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UD/D/National_Transport_Strategy_2030.pdf)
5. Viktor Prokhorov, Solution of the Problem of Empty Car Distribution between Stations and Planning of Way-Freight Train Route Using Genetic Algorithms / Tetiana Kalashnikova, Liliia Rybalchenko, Yuliia Riabushka,

Denys Chekhunov // International Journal of Engineering & Technology. – N. 8. – 2018 y. – p. 275 – 278.

#### УДК 656.1

**М. І. Музикін** (Університет митної справи та фінансів, УМСФ), **Г. І. Нестеренко** (Український державний університет науки і технологій, УДУНТ), **С. І. Бібік** (Державний університет інфраструктури та технологій, ДУІТ), **К. І. Біла** (УМСФ)

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ДЛЯ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ ДО ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА

Транспорт складає невід'ємну частину повсякденного життя суспільства, а його доступність надає кожній людині можливість користуватися засобами пересування незалежно від фізичних обмежень. Головна проблема щодо забезпечення доступності транспортної інфраструктури для маломобільних груп населення є надзвичайно актуальною у сучасному суспільстві, так як недоступність транспорту залишається одним з найсерйозніших бар'єрів, які постають перед людьми з обмеженими можливостями. Маломобільні групи населення включають осіб, які мають труднощі при самостійному пересуванні та орієнтуванні у просторі, одержанні послуг або інформації, зокрема це люди з інвалідністю, тимчасово травмовані особи, з дитячими візками, вагітні жінки, громадяни похилого віку [1]. Розробка та впровадження «безбар'єрного середовища» є важливою складовою досягнення рівних можливостей і тісно пов'язане з соціальним та економічним розвитком країни в цілому. Серед міст України, місто Дніпро є одним із найбільших, що активно розвивається і прагне відповідати європейським стандартам забезпечення інклюзивності транспортної інфраструктури, яка передбачає відповідальне ставлення та всебічне врахування інтересів усіх громадян, без дискримінації чи зневаги.

Попри повномасштабне вторгнення Росії, місцева влада міста Дніпро активно працює над покращенням стану доступності для маломобільних груп населення, оскільки значно зросла частка людей, що постраждали від серйозних травм. Так, станом на грудень 2021 року на автобусних маршрутах міста щодня в середньому працювало 900 одиниць рухомого складу, із яких приблизно 170 – низькопрофільні та обладнані відкидною платформою, а у 2024 році кількість таких автобусів склала 300. За три роки число автобусів,



приспосованих для орієнтування людей із порушеннями зору, збільшилось з 10 у 2019 році до 20 одиниць, станом на кінець 2022 року [2].

Стосовно міського громадського електротранспорту, то на сьогоднішній день на базі двох депо експлуатують 185 тролейбусів, з яких 97 – це сучасні низькопідлогові моделі, що обладнані пандусом, більша частина має систему кнілінгу (нахилу кузова в сторону дверей). Також 57 одиниць від загальної чисельності обладнані пристроями для людей із порушеннями зору чи слуху. Трамвайний парк м. Дніпро складається із 254 вагонів, зовнішніми звуковими інформаторами обладнано 90 одиниць, а світлодіодними маршрутними показниками – 172 вагони. Але трамваї з низькою підлогою в місті відсутні, але в планах є закупівля вагонів, які обов'язково матимуть пандуси.

Останніми роками місто Дніпро почало активніше працювати над покращенням інфраструктури зупинок громадського транспорту відповідно до вимог «доступного середовища». Встановлюються нові зупинкові комплекси, які враховують потреби маломобільних груп населення, на сьогоднішній день таких зупинок – 222. Крім того, у Дніпрі проводиться реконструкція тротуарів та пішохідних переходів, включаючи монтаж понижених бордюрів, похилих заїздів на посадковій майданчик та облаштування звукового супроводу світлофора.

На об'єктах залізничної інфраструктури, зокрема на вокзалі і станціях регіональної філії «Придніпровська залізниця» АТ «Українська залізниця», встановлено постійний контроль за створенням належних умов для безперешкодного доступу осіб з інвалідністю та маломобільних груп населення в рамках програми «Безбар'єрна залізниця» [1]. Це включає облаштування при вході в приміщення вокзального комплексу пандусів з кнопками виклику персоналу, паркувальних місць, пониженого вікна квиткової каси, залів очікування, приспосованих туалетних кімнат, а також навігаційних та орієнтовних засобів. Наразі «Укрзалізниця» має 50 інклюзивних вагонів далекого сполучення, а на приміських маршрутах курсують 42 електропоїзди, оснащені пандусами, місцями для пасажирів на колісних кріслах, спеціально приспосованими вбиральнями та засобами для перевезення велосипедів.

Проте, однією з головних проблем у забезпеченні доступності транспортної інфраструктури є недосконалість концептуального стратегічного бачення у керівництва міста та надавачів відповідних послуг до модернізації, через недостатнє фінансування та відсутність належного контролю [3].

Підсумовуючи вищесказане, можна дійти до висновку, що забезпечення доступності до об'єктів транспортної інфраструктури людей з інвалідністю та інших груп маломобільного населення є одним із ключових показників соціальної відповідальності та розвитку міста. Досвід міста Дніпро свідчить про поступові, але важливі кроки в напрямку досягнення безбар'єрності в умовах повномасштабної війни. Наразі місто активно працює над підвищенням рівня якості надання пасажирських послуг щодо підвищення кількості приспосованих для перевезення осіб з інвалідністю транспортних засобів, а також покращенням умов на вокзалах, станціях і зупинках громадського транспорту. Проте, незважаючи на досягнутий прогрес, залишаються відкритими питання, зокрема щодо адаптації низькопідлоговими трамваями, обладнаних пандусами, та забезпечення оптимальної доступності станцій метро. Для подальшого вдосконалення інклюзивної транспортної інфраструктури важливо продовжувати системну роботу щодо впровадження нових технологій, дотримання міжнародних стандартів доступності та збільшення обсягу інвестицій у транспортну галузь.

#### Список використаних джерел:

- Музикін М. І., Нестеренко Г. І., Бібік С. І. Аналіз доступності вокзалів АТ «Українська залізниця» для людей з обмеженими можливостями. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. № 2 (250). 2019. С. 59-64.
- Інформація про доступність транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю у Дніпропетровській області станом на 01.12.2022. URL: <http://surl.li/tralpi> (дата звернення: 21.09.2024).
- Васильєва Н. В., Припілко С. М. Доступність інфраструктури громадського транспорту для маломобільних груп населення: аналіз зарубіжного досвіду. *Державне управління: удосконалення та розвиток*: електрон. наук. фах. вид. Київ: ДДАЕУ, ТОВ «ДКС-центр», 2020. № 11. 7 с.

656.257:656.254.1

*Щебликіна О. В., доцент, PhD  
(УкрДУЗТ) Кабин Р. М. аспірант каф. АТ (УкрДУЗТ)*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ШЛЯХОМ  
ВИКОРИСТАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ  
ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ І РАДІОКАНАЛІВ**

Мікропроцесорні системи автоматизації (МСА) знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема у транспорті, енергетиці, виробництві та телекомунікаціях. Ефективність таких систем значною мірою залежить від швидкості та надійності обміну даними між різними компонентами. Сучасні вимоги до автоматизованих систем передбачають високу пропускну здатність, малу затримку передачі даних, гнучкість і можливість інтеграції з різними каналами зв'язку.

Використання оптоволоконних ліній зв'язку та радіоканалів для передавання інформації дозволяє значно розширити можливості мікропроцесорних систем. Оптоволоконні канали забезпечують високу пропускну здатність і надійність, тоді як радіоканали є мобільнішими і дозволяють здійснювати передачу даних у важкодоступних місцях або на великих відстанях без прокладання фізичних кабелів. Інтеграція цих технологій у мікропроцесорні системи автоматизації підвищує їхню ефективність і надійність, особливо в критичних сферах, де безперервний моніторинг і управління є ключовими.

Однією з основних проблем, з якими стикаються традиційні МПСА, є обмежена пропускну здатність і затримки в передачі інформації, що особливо критично в умовах високонавантажених або віддалених об'єктів. Крім того, існуючі дротові системи передачі даних можуть бути вразливими до зовнішніх впливів, таких як електромагнітні перешкоди, пошкодження кабелів тощо.

Оптоволоконні лінії зв'язку, завдяки своїм характеристикам, є надзвичайно надійними і забезпечують високі швидкості передачі інформації на великі відстані. Водночас радіоканали надають можливість швидко організувати зв'язок у місцях, де прокладення кабелів є технічно складним або економічно недоцільним.

У доповіді показано, що використання оптоволоконних ліній зв'язку в МПСА забезпечує наступні переваги:

- висока пропускну здатність: оптоволоконно дозволяє передавати значні обсяги даних практично без втрат на великі відстані, що критично для систем реального часу;
- захист до електромагнітних завад: оптоволоконно не піддається впливу електромагнітних полів, що забезпечує стабільність передачі даних навіть у таких складних умовах як залізничний транспорт.

Інтеграція радіоканалів у мікропроцесорні системи дозволяє:

- забезпечувати мобільність: радіоканали дозволяють організувати зв'язок у мобільних або важкодоступних об'єктах, таких як рухомий транспорт або віддалені промислові об'єкти;
  - гнучкість: використання радіозв'язку дозволяє швидко розширювати мережу, не потребуючи фізичного прокладання кабелів;
  - резервування каналів зв'язку: радіоканали можуть використовуватися як резервні в разі виходу з ладу основної, наприклад, оптоволоконної мережі.
- Крім того, впровадження оптоволоконних ліній та радіоканалів у мікропроцесорні системи автоматизації надає кілька ключових переваг:
- підвищення параметрів надійності системи завдяки використанню різних каналів передачі даних зменшуються ризики пов'язані з відмовами в одній з систем зв'язку;
  - збільшення масштабованості так як радіоканали дозволяють легко розширювати мережі на нові об'єкти або ділянки без значних витрат на інфраструктуру;
  - покращення продуктивності за рахунок збільшення швидкості і об'єму передачі даних, що особливо важливо для систем, які вимагають обробки великих обсягів інформації в реальному часі.

#### Висновки

Інтеграція оптоволоконних ліній зв'язку та радіоканалів у мікропроцесорні системи автоматизації відкриває нові можливості для підвищення ефективності та надійності цих систем. Такий підхід дозволяє не лише вирішувати проблеми з пропускну здатністю та затримками, але й забезпечувати стабільну роботу систем в умовах підвищених вимог до надійності та швидкості передачі даних. Впровадження цих технологій стає необхідним для сучасних автоматизованих систем управління.

#### Література

1. I Sh Nevliudov, AI Filipenko Method of the Interferential Images Analysis During Testing of Quality Parameters of Fiber- Optical Components Surface / News of Engineering Sciences Academy of Ukraine: Mechanical engineering and progressive technologies, 2004, No 24, p. 81-87
2. Katz, D., & Taylor, R. (2005). Wireless Communications for Automation Systems. Springer.

3. Agrawal, G. P. (2012). Fiber-Optic Communication Systems. John Wiley & Sons.
4. Косенко В.В., Кучук Н.Г. Моделювання технічної структури інформаційно-телекомунікаційної мережі на основі конкретної реалізації інформаційної структури. Системи обробки інформації. 2016. Вип.9 (146). С. 167-171.

#### УДК 656.254.16

*Єлізаренко А.О., доцент, к.т.н. (УкрДУЗТ)  
Дейнега Т.С., аспірант (УкрДУЗТ)  
Єлізаренко І.О., провідний інженер (ХФ УДЦР)*

### НОВЕ В ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ ПРО КОРИСТУВАННЯ РАДІОЧАСТОТНИМ СПЕКТРОМ

Радіочастотний спектр є надбання людства і з метою раціонального користування потребує міжнародного та державного регулювання.

Питаннями регулювання використанням спектра, розвитку мереж та служб радіозв'язку, у всесвітньому масштабі займається Бюро радіозв'язку (ITU-R) та його органи. Регламент радіозв'язку ІТУ містить Міжнародну таблицю розподілу частот між службами та порядок управління використанням РЧС на міжнародному рівні

В Україні державне регулювання та управління у сфері користування радіочастотним спектром здійснюється на основі закону Закону України «Про електронні комунікації», який набув чинності з 01.01.2022 року [1]. В зв'язку з цим інші нормативні документи з цих питань втратили чинність.

Закон, насамперед, регулює відносини у сфері надання телекомунікаційних послуг та не поширюється на користувачів, засоби яких не мають підключення до мереж загального користування, окрім питань з регулювання користування радіочастотним ресурсом. Стосовно всіх користувачів регулюються процедури планування, виділення та розподілу радіочастотного ресурсу.

Основним регуляторним органом є Національна комісія з електронних комунікацій (НКЕК). До її складу входить Український державний центр радіочастот (УДЦР), який здійснює присвоєння радіочастот, веде реєстр радіоелектронних засобів, забезпечує процедури контролю, моніторингу та електромагнітної сумісності мереж [2].

Умовно процедури можна розділити на дозвільні, обмежувальні та процедури технічного контролю радіовипромінювання.

На основі отриманої заявки користувача, УДЦР контролює відповідність заявлених номіналів частот і параметрів випромінювання чинному частотному плану, відповідність використовуваного радіообладнання Реєстру радіообладнання та випромінювальних пристроїв, з'ясовує обмеження на використання окремих смуг радіочастот та місця їх розташування.

УДЦР виконує розрахунок електромагнітної сумісності між плануємим та чинним на даний момент радіообладнанням. В разі необхідності проводиться первинний технічний контроль або натурні випробування оцінки ЕМС на відповідність розрахунку.

В процесі розгляду заявки заявлений радіозасіб вважається, при позитивному рішенні, запланованим, а потім задіяним. Результати вносяться в Електронний реєстр присвоєнь радіочастот.

Технологічний радіозв'язок на залізницях України входить до складу радіослужб сухопутного рухомого радіозв'язку. Для залізничного радіозв'язку актуальність питань пов'язана з необхідністю модернізації і розвитку радіомереж, які в теперішній час працюють на закріплених каналах в метровому діапазоні радіохвиль. В зв'язку з цим важливим є освоєння нових діапазонів радіочастот та запровадження сучасних радіотехнологій.

Аналіз планування, виділення, розподілу та користування радіочастотним ресурсом в системах залізничного технологічного радіозв'язку в сучасних умовах розглянуто в [3].

Після обґрунтованого вибору однієї з радіотехнологій, яка буде впроваджуватись на залізницях, у відповідності з чинним законодавством необхідно пройти процедури виділення та присвоєння радіочастот.

#### Список використаних джерел

1. Закон України «Про електронні комунікації» від 16.12.2020 р. № 1089-IX із змінами та доповненнями. Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text>
2. Закон України «Про національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку» від 16.12.2021 р. № 1971-IX із змінами та доповненнями. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1971-20#Text>
3. Приходько С.І. Особливості спільної роботи радіостанцій з різним частотним рознесенням

канальної сітки частот / С.І. Приходько, А.О. Єлізаренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – №2. – С.36-42.

УДК 004.89:656.2

Змії С.О., доцент, канд.техн.наук(УкрДУЗТ)  
Чоба В.Ю., аспірант каф.АТ (УкрДУЗТ)

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ: НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД

Залізничний транспорт відіграє ключову роль у функціонуванні інфраструктури багатьох країн, забезпечуючи ефективне переміщення вантажів і пасажирів. Водночас надійність систем керування залізничним транспортом є важливим фактором безпеки та стабільної роботи мережі. До таких систем належать системи керування світлофорами, стрілочними переводами, залізничні переїзди та інші об'єкти, які відповідають за керування та контроль руху. Їхні збої можуть призвести до серйозних аварій і зупинок. Тому своєчасна та точна діагностика таких систем є критично важливою.

Нейромережеві технології, як сучасний підхід до аналізу великих обсягів даних, можуть забезпечити ефективну діагностику об'єктів залізничного транспорту. Ці технології здатні виявляти аномалії в роботі систем і прогнозувати можливі збої на основі історичних даних та режимів експлуатації. У цьому дослідженні розглядаються можливості застосування нейронних мереж для діагностики систем керування залізничним транспортом.

Системи керування залізничним транспортом, такі як світлофори, стрілочні переводи та залізничні переїзди, піддаються значним навантаженням і постійному впливу зовнішніх факторів. Це включає вібрації, зміни температури, вологість, а також механічний знос компонентів. Відмова будь-якого з цих елементів може спричинити порушення руху або створити аварійні ситуації. Традиційні методи діагностики базуються на періодичних перевірках та обслуговуванні, проте вони часто не здатні забезпечити достатню точність прогнозування збоїв.

Нейронні мережі, особливо глибокі нейронні мережі та методи машинного навчання, відкривають нові можливості для автоматизованої діагностики. Вони можуть обробляти великі масиви

даних, зібрані з датчиків, і виявляти приховані аномалії, які не завжди можна виявити традиційними методами. Крім того, ці моделі здатні навчатися на історичних даних і поліпшувати свої прогнози з часом.

Діагностика систем керування об'єктами залізничного транспорту на основі нейронних мереж включає кілька основних етапів:

- збір та підготовка даних: основними джерелами даних є датчики, встановлені на об'єктах залізничної інфраструктури. Це можуть бути датчики температури, вібрації, електричних сигналів та інші типи сенсорів, що фіксують різні параметри роботи систем. Важливо забезпечити безперервний збір даних та їх архівування для подальшого аналізу;

- попередня обробка даних: дані, отримані з датчиків, повинні бути очищені від шумів і перешкод, а також нормалізовані для подальшого аналізу. Також на цьому етапі необхідно виділити ключові характеристики (features), які будуть використані нейронною мережею для навчання;

- моделювання нейронної мережі: нейронні мережі можуть використовуватися для аналізу часових рядів (наприклад, LSTM — Long Short-Term Memory) або для багатовимірного аналізу даних (наприклад, згорткові нейронні мережі для зображень чи сигналів). Модель навчиться розпізнавати нормальну роботу системи і виявляти відхилення, що можуть бути ознаками потенційних (майбутніх) несправностей;

- аналіз та прогнозування: після навчання модель може бути використана для аналізу нових даних у реальному часі. Вона виявлятиме аномалії в роботі системи та прогнозуватиме ймовірність збоїв. Це дозволяє вчасно вжити заходів для усунення потенційних проблем.

Основними перевагами використання нейромережевих технологій у діагностиці є:

- автоматизація процесів: нейронні мережі можуть автоматично аналізувати великі обсяги даних без втручання людини, що дозволяє значно прискорити процес діагностики.

- точність прогнозування: Завдяки здатності нейронних мереж виявляти приховані закономірності в даних, вони можуть забезпечити більш точне прогнозування збоїв, ніж традиційні методи.

- зниження витрат на обслуговування: Своєчасне виявлення несправностей дозволяє зменшити кількість аварійних ситуацій і непланових

ремонтів, що знижує витрати на експлуатацію інфраструктури.

– підвищення безпеки: Використання нейронних мереж для діагностики дозволяє мінімізувати ризики для безпеки руху та уникнути аварійних ситуацій на залізниці.

#### Висновки

Нейронні мережі мають великий потенціал у сфері діагностики систем керування об'єктами залізничного транспорту. Вони забезпечують точну та своєчасну діагностику, що дозволяє підвищити безпеку руху та знизити експлуатаційні витрати. Впровадження таких систем може значно покращити роботу залізничної інфраструктури та забезпечити стабільну роботу мережі в умовах зростаючого навантаження.

Надалі важливо продовжити дослідження у напрямку вдосконалення моделей машинного навчання, а також їх інтеграції з іншими інтелектуальними системами для забезпечення повної автоматизації процесу діагностики та моніторингу залізничних об'єктів.

#### Список використаних джерел

1. Berbia, H. Genetic Algorithm for Decoding Linear Codes over AWGN and Fading Channels / H. Berbia, F. Elbouanani, R. Romadi, H. Benazza, M. Belkasmi // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2011. – Vol. 30, № 1. – P. 35 – 4
2. Y. Liu, X. Mao, Y. He, K. Liu, W. Gong, and J. Wang, “Citysee: not only a wireless sensor network,” IEEE Network, vol. 27, no. 5, pp. 42–47, 2013.
3. . Y. Qu, W. Han, L. Fu et al., “LAINet - A wireless sensor network for coniferous forest leaf area index measurement: Design, algorithm and validation,” Computers and Electronics in Agriculture, vol. 108, pp. 200–208, 2014
3. G. Krivoulya, V.Sh
4. Рудзінський В.В. и др. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем. Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки». 2016. №. 2 (77). С. 238–247.
5. Robinson V.B. Geographic Information Systems and Development Decision-Making. Cutting Edge Technologies And Microcomputer Applications For Developing Countries. 2019. P. 11–18.

УДК 004:355.588

*Змій С.О., доцент, канд.техн.наук(УкрДУЗТ)  
Сіроклін І.М., доцент, канд.техн.наук (УкрДУЗТ)  
Семикрас А.І., здобувач, (135-ОКСКРП-Д23)*

#### ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОСТЕЙ ЛЮДЕЙ У БУДІВЛЯХ: НОВІ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації, такі як землетруси, пожежі, та воєнні дії, є одним із ключових завдань для рятувальних служб. Особливо гостро це питання стоїть в Україні, де через військову агресію виникає потреба у швидкому пошуку людей під завалами зруйнованих будівель. Сучасні технології, зокрема комп'ютерний зір, дозволяють значно підвищити ефективність рятувальних операцій, знижуючи ризики для рятувальників і полегшуючи процес виявлення постраждалих. Одним з перспективних рішень є використання камер відеоспостереження з функцією комп'ютерного зору для визначення кількості людей у будівлях.

Метою дослідження є аналіз можливостей використання комп'ютерного зору для фіксації наявності людей у будівлях, що може бути корисним у контексті рятувальних операцій.

Комп'ютерний зір є технологією, яка використовує алгоритми для автоматичної обробки візуальної інформації та виявлення об'єктів. У даному випадку, камери, встановлені на входах у будівлю, фіксують потоки людей. З допомогою алгоритмів машинного навчання, система аналізує відеопотік, визначаючи кількість осіб, що перебувають у будівлі в конкретний момент часу.

Це можливо завдяки детекторам об'єктів, які здатні точно розпізнавати людей у реальному часі. Наприклад, моделі на основі згорткових нейронних мереж (CNN) ефективно вирішують завдання детекції та класифікації об'єктів на відео. Важливим аспектом є також розробка алгоритмів для коректного обліку кількості осіб у приміщенні, які могли б відрізнити вхід від виходу з будівлі та точно врахувати кількість присутніх.

Застосування цієї технології може значно підвищити безпеку рятувальних операцій у надзвичайних ситуаціях. В умовах, коли будівлі руйнуються, наприклад, внаслідок землетрусів або воєнних дій, отримання точних та оперативних даних про кількість людей, що перебували в будівлі на момент катастрофи, дозволить швидко оцінити масштаби рятувальної операції та зменшити ризики для рятувальників. Система автоматично надаватиме

ці дані, що може стати основою для прийняття рішень під час рятувальних операцій.

Ця технологія також має потенціал для інтеграції з іншими системами спостереження, такими як дрони, які можуть забезпечувати додаткові дані про стан будівлі та її завалені частини. В умовах України, де руйнування інфраструктури стає все більш поширеним явищем через війну, ця технологія має велике практичне значення.

Також варто відмітити, що впровадження технології комп'ютерного зору для фіксації кількості людей у будівлях є важливим кроком у розвитку сучасних систем рятувальних операцій. Це дозволить не тільки підвищити ефективність реагування на надзвичайні ситуації, але й зменшити ризики для рятувальників. Надалі важливо вдосконалювати алгоритми обробки відеопотоків та розробляти нові підходи до інтеграції з іншими системами моніторингу. Враховуючи специфіку сучасних викликів, особливо в Україні, ця технологія може стати важливим інструментом для забезпечення безпеки та оперативності у надзвичайних ситуаціях.

#### Список використаних джерел

1. Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer.
2. Sullivan, W., McDonald, T., & Van Aken, E. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18(3–4), 255–265. Доступно: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584502000169>
3. Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.
4. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
5. Younggyo Seo, Danijar Hafner, Hao Liu, Fangchen Liu, Stephen James, Kimin Lee, Pieter Abbeel. Masked World Models for Visual Control. 2022. 2-3. Доступно: <https://sites.google.com/view/mwm-rl?pli=1>
6. Довбиш, А.С. *Основи теорії розпізнавання образів: навч. посіб.: у 2-х ч.* Суми : Сумський державний університет, 2015. Ч.1. 109 с.

004.89:656.222.4

*Щебликіна О. В., доцент, PhD (УкрДУЗТ)  
Рева С. В. аспірант каф. АТ (УкрДУЗТ)*

#### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРОГРАМОВАНОГО КЕРУВАННЯ

### ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Сучасні залізничні мережі стикаються з дедалі більшим навантаженням через зростання попиту на перевезення як вантажів, так і пасажирів. Водночас інфраструктурні обмеження, такі як пропускна здатність колій і станцій, стають бар'єрами для подальшого розвитку залізничного транспорту. Одним з найбільш ефективних підходів до вирішення цієї проблеми є впровадження систем програмованого керування процесами перевезень, які дозволяють оптимізувати використання існуючих ресурсів і забезпечувати більш гнучке управління рухом поїздів. Такі системи допомагають значно підвищити пропускну здатність залізниць без необхідності масштабних інфраструктурних змін.

Програмоване керування процесами перевезень базується на використанні автоматизованих і інтелектуальних систем, які в режимі реального часу аналізують стан залізничної мережі, рухомого складу та прогнозують оптимальні рішення для керування трафіком. Ці системи сприяють збільшенню кількості поїздів на одній колії, оптимізують маршрути і мінімізують затримки.

Пропускна здатність залізниць визначається кількістю поїздів, які можуть безпечно пройти по заданій ділянці колії за певний проміжок часу. Традиційні методи керування рухом часто не можуть забезпечити оптимальну організацію перевезень через статичні розклади, людський фактор і обмежені можливості для швидкої реакції на зміну ситуацій. Системи програмованого керування здатні динамічно адаптуватися до змін у реальному часі, що дає змогу покращити ефективність використання інфраструктури.

Зокрема, основними проблемами, які можуть бути вирішені за допомогою таких систем, є:

- затримки у русі через неефективне управління колійними ресурсами;
- низька гнучкість при розробці розкладів та управлінні маршрутами;
- обмежена можливість швидкого реагування на аварійні ситуації або непередбачені обставини;
- високі експлуатаційні витрати через нерациональне використання ресурсів.

Програмовані системи керування процесами перевезень інтегрують у себе різні автоматизовані рішення, що дозволяють координувати роботу інфраструктурних елементів і рухомого складу. До таких рішень можна віднести:

- Системи автоматизованого управління рухом – централізовані системи, що

контролюють маршрути, сигнали та стрілочні переводи, забезпечуючи оптимізацію руху поїздів у реальному часі. Вони отримують дані з датчиків та сигналів про стан колій та інфраструктури, аналізують їх і приймають рішення про зміну маршрутів, час проходження поїздів, тощо;

- інтелектуальні системи планування розкладів – ці системи базуються на використанні алгоритмів оптимізації для складання гнучких розкладів руху поїздів. Вони можуть автоматично адаптуватися до зміни попиту або ситуації на мережі, наприклад, через аварії або несподівані затримки;
- прогнозування трафіку та розподіл ресурсів – інтелектуальні системи керування використовують моделі машинного навчання для прогнозування трафіку і розподілу ресурсів на основі історичних даних. Це дозволяє зменшити затримки та підвищити ефективність руху;
- системи керування енерговикористанням – для підвищення пропускної здатності важливо також оптимізувати витрати енергії. Системи керування енерговикористанням автоматично коригують режими роботи поїздів залежно від ситуації на колії та потреб перевезень.

У доповіді показано, що використання систем програмованого керування процесами перевезень забезпечує кілька ключових переваг:

- підвищення ефективності використання колій. Автоматизація процесу розподілу маршрутів дозволяє збільшити кількість поїздів, що одночасно знаходяться на колії, без зниження рівня безпеки;
- зниження затримок. Інтелектуальні системи можуть прогнозувати можливі затримки та адаптувати розклад у реальному часі, щоб уникнути скупчення поїздів на станціях або ділянках колій;
- гнучкість управління. Системи програмованого керування дозволяють швидко реагувати на зміну ситуацій, забезпечуючи альтернативні маршрути або оптимізацію ресурсів;
- енергоефективність. Оптимізація режимів руху та енергоспоживання поїздів дозволяє знизити витрати на енергію і підвищити загальну ефективність перевезень.

Незважаючи на очевидні переваги, впровадження програмованого керування процесами перевезень на залізниці стикається з кількома викликами. Перш за все, це висока вартість

модернізації інфраструктури і необхідність значних інвестицій у нові технології. Крім того, важливу роль відіграє адаптація персоналу до роботи з новими автоматизованими системами, що може вимагати додаткового навчання та підтримки.

Однак, з урахуванням загальних тенденцій розвитку транспортної інфраструктури, впровадження таких систем є важливим кроком до підвищення пропускної здатності та конкурентоспроможності залізничного транспорту.

#### Висновок

Програмоване керування процесами перевезень на залізничному транспорті є важливим інструментом для підвищення пропускної здатності та ефективності використання існуючих інфраструктурних ресурсів. Автоматизація та інтелектуальні системи керування дозволяють оптимізувати розподіл колійних ресурсів, знизити затримки та підвищити безпеку руху. Подальший розвиток і впровадження таких технологій є ключовим фактором для забезпечення стабільного розвитку залізничної галузі в умовах зростання попиту на перевезення.

#### Список використаних джерел

1. Казімірова В.В., Можаяєв М.О., Кузьменко В.Є. Особистості моделювання передачі інформації у комп'ютерній мережі системи автоматичної ідентифікації суден. Системи обробки інформації. 2014. №. 7. С. 83–88. 44. Zon
2. Ginn H.L., Santi E., Langland B., Ferraro A., Arrua S. & Abdollahi H. Incorporation of control systems in early stage conceptual ship designs. In 2017 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 2017, August. P. 1–8. Hansen, I., & Pachl, J. (2014). Railway Timetable & Traffic: Analysis, Modelling, Simulation. Eurailpress.
3. Жуковицький І.В., Скалозуб В.В., Устенко А.Б. Інтелектуальні засоби управління парками технічних систем залізничного транспорту : монографія. Дніпро : Стандарт-Сервіс, 2018.
4. Min Y., Xiao B., Dang J., Yue B., & Cheng T. Real time detection system for rail surface defects based on machine vision. EURASIP Journal on Image and Video Processing. 2018 (1). P. 1–11

УДК 656.256:681.32

*Щебликіна О. В., доцент, PhD (УкрДУЗТ)*

*Голубєва Л. Є., здобувач (211-АКІТ-323)*

*Швидкий О.О., здобувач (211-АКІТ-323)*

*Український державний університет залізничного транспорту*



## РОЗРОБЛЕННЯ ОБ'ЄКТНОГО КОНТРОЛЕРА КЕРУВАННЯ СТРІЛОЧНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З ДВИГУНОМ ЗМІННОГО СТРУМУ

На сьогоднішній день впровадження мікропроцесорних технологій в залізничну автоматику та телемеханіку значно підвищує надійність і безпеку руху поїздів. Застарілі релейні системи керування, які використовувалися протягом десятиліть, поступово замінюються сучасними цифровими рішеннями, зокрема мікропроцесорними системами. Проте специфіка обладнання залізничної автоматики, а саме стрілочних електроприводів, вимагає створення спеціалізованих контролерів для забезпечення ефективної та безпечної експлуатації. Окремим напрямом удосконалення є розроблення об'єктного контролера для керування стрілочним електроприводом, оснащеним двигуном змінного струму.

Сучасні системи керування стрілочними електроприводами базуються на мікропроцесорних контролерах, що забезпечують високу точність і надійність керування. Проте більшість існуючих рішень орієнтовані на використання електроприводів з двигунами постійного струму, що, в свою чергу, створює ряд обмежень, пов'язаних із технічними та експлуатаційними характеристиками таких приводів. Двигуни змінного струму мають ряд переваг, серед яких підвищена енергоефективність, довший термін експлуатації та менші витрати на обслуговування. Це робить їх привабливим вибором для залізничної інфраструктури, особливо в умовах інтенсивної експлуатації та великих навантажень.

Однак перехід на двигуни змінного струму потребує зміни підходів до проектування контролерів. Існуючі системи не завжди враховують специфічні вимоги до керування такими двигунами, зокрема щодо частотного регулювання, забезпечення необхідної потужності та миттєвої реакції на зміну режимів роботи. Тому виникає потреба у розробці спеціалізованих об'єктних контролерів, які відповідатимуть сучасним вимогам до керування стрілочними електроприводами з двигунами змінного струму.

Основними вимогами до об'єктного контролера є забезпечення високої надійності та безпеки функціонування системи. Контролер повинен здійснювати постійний моніторинг роботи електроприводу, аналізувати його стан і своєчасно виявляти можливі відхилення від нормальної роботи. Крім того, він має забезпечувати коректне перемикання стрілочних переводів за умов як нормального режиму роботи, так і аварійних ситуацій. Важливим аспектом є також захист від коротких замикань і перевантажень,

що особливо критично для двигунів змінного струму, де такі явища можуть призводити до серйозних наслідків.

Для забезпечення ефективної роботи з двигунами змінного струму контролер має підтримувати функції частотного регулювання та плавного запуску-зупинки двигуна. Це дозволить зменшити знос механічних частин стрілочного переводу та підвищити загальну надійність системи. Крім того, необхідно передбачити можливість інтеграції контролера з існуючими мікропроцесорними системами керування на залізниці, що забезпечить зручність у його впровадженні та експлуатації.

Алгоритм роботи об'єктного контролера повинен включати кілька ключових етапів:

1. Підготовка системи до роботи: діагностика стану електроприводу, перевірка наявності живлення, аналіз справності двигуна та інших компонентів.

2. Запуск стрілочного електроприводу: плавне нарощування потужності двигуна за рахунок частотного регулювання, що знижує динамічні навантаження на механічні частини.

3. Перемикання стрілки: здійснення точного та швидкого перемикання стрілочного переводу з дотриманням всіх безпекових протоколів.

4. Контроль за роботою: постійний моніторинг параметрів роботи двигуна, таких як напруга, струм, частота обертання, та їх порівняння з допустимими значеннями.

5. Аварійні режими: автоматичне вимкнення системи у випадку виявлення несправностей, наприклад, короткого замикання або перевантаження.

Алгоритм також повинен включати функції самодіагностики, що дозволить оперативно виявляти та усувати можливі проблеми в роботі контролера або електроприводу.

Розроблення та впровадження об'єктного контролера для керування стрілочним електроприводом з двигуном змінного струму є важливим етапом у модернізації залізничної інфраструктури України. Використання таких контролерів дозволить підвищити ефективність та безпеку роботи стрілочних переводів, зменшити витрати на технічне обслуговування та забезпечити більш стабільну роботу системи в умовах великих навантажень. Крім того, такі контролери можуть бути використані в перспективних системах автоматизованого керування рухом на залізниці, що підвищить загальну швидкість і точність операцій на залізничних станціях.

**Висновок.** Розроблення об'єктного контролера для керування стрілочним електроприводом з двигуном змінного струму є важливим кроком у вдосконаленні залізничної

автоматики. Врахування специфічних вимог до роботи з двигунами змінного струму дозволить забезпечити надійну та безпечну роботу стрілочних переводів в умовах інтенсивної експлуатації, особливо при впровадженні високошвидкісного руху.

#### Список використаних джерел

4. Kuchar K., Holasova E., Pospisil O., Ruotsalainen H., Fujdiak R. and Wagner A. Hunting Network Anomalies in a Railway Axle Counter System. 2023. Vol. 23, Is. 6. 23(6). 3122. URL: <https://doi.org/10.3390/s23063122>
5. Axle Counter Overlay System. URL: [https://www.frauscher.com/en/fields-of-application/references/Axle-Counter-Overlay-System-UK\\_re\\_1939](https://www.frauscher.com/en/fields-of-application/references/Axle-Counter-Overlay-System-UK_re_1939) (дата звернення 04.01.24).
6. Gerhátová Z., Zitrický V., Klapita V. Industry 4.0 Implementation Options in Railway Transport. Transp. Res. Procedia. 2021. 53. 23–30.
7. Heinrich M., Gözl A., Arul T., Katzenbeisser S. Rule-based Anomaly Detection for Railway Signalling Networks. arXiv. 2020. arXiv:2008.05241.

УДК 621.396.967

*Sadovnykov B.I., PhD student  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*  
*Zhuchenko O.S., PhD. Associate Professor  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*

#### DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DETECTING MOVING OBJECTS IN IMAGES FROM A REAL-TIME VIDEO STREAM

One of the tasks of recognizing objects in video is to find their location in the current frame. In algorithms that use neural networks, such as SSD[1], YOLO[2], search and classification are performed by a single model and are inseparable steps. In the case where there is a computing node in the system that has enough power for complex image processing and can do it before the server that recognizes objects, separating the object search and recognition operations can reduce the latency, load on the network and the recognition node.

The peculiarity of video data is that it consists of frames that have a strict sequence. Provided that the video is recorded on a static camera, such as those used in video surveillance systems, objects can be searched for by calculating the difference between adjacent frames. This technique is known as background removal, and there are a number of algorithms for solving this problem. The main problem is their computational complexity and speed. The results of such a method may

not be suitable for further classification and a separate algorithm must be developed for any corrections. These algorithms are based on the calculation of a background model, which is then used to highlight new objects in the image. These algorithms have a high processing time, so we will develop an alternative algorithm with lower computational requirements.

The first step of the algorithm is to convert the colors of the current frame to grayscale, since the previous frame has already been converted in the previous iteration of the algorithm. Another thing to consider is the number of frames of the video stream per second. In the case of a high number of frames and relatively slow-moving objects in the video, the difference between two adjacent frames may be insignificant, and the number of difference calculations is similar to frames with significant differences. To increase the speed of the algorithm, you can skip frames and find the difference only between every n-frames, where the value of n depends on the FPS of the video, the speed of objects in it. This leads to an artificial decrease in the number of frames per second, which reduces the use of computing resources and prevents the problem of a queue of frames for processing.

Next, you need to calculate the absolute difference in the values of the corresponding pixels between the current and the previous frame. In order to cut off changes in the frame due to lighting or noise, only pixel differences greater than a threshold value are taken into account. After that, the resulting mask must be transformed using morphological operations to fill in the gaps resulting from the comparison with the threshold value and to eliminate noise and artifacts using the absolute difference operation.

Since not all of the object can be captured in this way because some parts don't change position between frames, or because the color difference is close to zero, a circle around each non-zero pixel is included in the final mask. The larger the envelope size, the more likely it is to capture the entire object, but it can also lead to the inclusion of background objects.

The most effective method for cutting out only the differences from an image is to overlay the mask obtained in the previous steps on the current frame using the bitwise AND operator. Images are matrices in memory, and matrix operations use optimizations such as AVX commands, so they are faster than iterative approaches. As a result, only those parts of the image that are different between the two frames remain as a result of the mask.

One of the disadvantages of this method is the high sensitivity to noise due to the use of absolute pixel values, which leads to a large number of regions with differences of only a few pixels. Further processing of such regions will lead to significant time costs, so the

resulting regions should be filtered by size and only large ones that may contain a potential object should be used.

One of the fast and efficient methods of background removal is the MOG2 algorithm[3]. In a number of experiments, the average speed of this algorithm is 10 milliseconds per frame. The algorithm developed in this work demonstrates an average time of 8 milliseconds.

Another disadvantage is that if an object moves little or only one of its parts moves, only that part will be found in the image. This disadvantage is partially compensated by capturing the object's neighborhood and can be completely eliminated by periodically using more computationally intensive algorithms to find objects.

#### References

16. Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy C., Reed S., Fu C., Berg A., SSD: Single Shot MultiBox Detector, arXiv 1512.02325, 2016.
17. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A., You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
18. Kutuk S., Abri R., Abri S., Cetin S., A Light Weight Approach for Real-time Background Subtraction in Camera Surveillance Systems, IEEE 5th International Conference on Image Processing Applications and Systems, 2022

УДК 621.396.2

*Syvolovskyi I.M., PhD student  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*

*Zhuchenko O.S., PhD. Associate Professor  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*

*Sarapin R.O., Servicemen  
Military unit A7223*

#### METHODS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF DISTRIBUTED TELECOMMUNICATION SYSTEMS BY CHANGING THEIR ARCHITECTURE

Currently, Internet of Things systems are among the most complex to design, due to the large number of client devices and the even greater amount of data they generate. The data generated by the devices have no value on their own - the main task of any system is to process them by structuring, cleaning, analysis, etc.

As long as the system processes numerical or textual data, the traditional approach using the cloud is suitable for any load, albeit with high latency. But when the system needs to process multimedia data (audio and video), the resource requirements increase significantly. Nowadays, with the development of artificial

intelligence algorithms, media processing has begun to include their active use, for example, pattern recognition. However, the use of these algorithms imposes additional resource requirements - some algorithms can get a significant performance boost when running on hardware-accelerated processors or video cards. Also, such systems may have increased requirements for data processing delays, for example, in video surveillance, which makes the cloud-based approach inefficient.

To solve such problems, the Fog Computing paradigm was previously developed, which introduces additional layers of computing nodes between the cloud and the client device. Using this paradigm, it becomes possible to transfer part of the computation to intermediate layers, which reduces the latency relative to client devices and, accordingly, to obtain data processing results faster at each stage.

Given the growing popularity of this paradigm, researchers have begun to develop specific cases of its application in various fields, creating additional or specialized layers and forming clusters of nodes. In the context of video stream processing, this paradigm can be easily applied - a separate layer of computing nodes is allocated for each processing stage, with hardware characteristics that can effectively perform the designated type of task [1].

The stages of video stream processing in video surveillance include: preprocessing, segmentation, feature extraction, and classification. These stages show that the further the processing is carried out, the more the hardware requirements of the nodes increase, but at the same time, the cardinality of the data decreases - at each stage, the node transmits only the results of its processing and a small part of the original data (for example, key frames). In terms of network capacity, nodes in later stages can receive processing results from more nodes than nodes in the previous stage. Also, it can be noted that nodes from later stages can perform tasks from earlier stages, although this is a less efficient use of resources, as simple tasks are more efficiently distributed to weaker nodes.

These statements lead to the conclusion that the exclusive use of nodes for a specific type of task is inefficient, because in the event of load surges or failures, other nodes may not be able to compensate for the lack of resources due to the conceptual limitations of the system.

New research addresses this situation in the context of the 'service placement problem', where a service is a container or application that can perform one type of task. Several such services can be placed on a node, and processing optimizations include moving services to other nodes to reduce latency, which is reduced to performing tasks on graphs [2].

Given that this approach does not clearly divide nodes into layers, and large systems can have tens of

thousands of computing nodes, nodes should be grouped into sets defined by some attribute, i.e., into clusters or ‘communities’ [3]. At the same time, the efficiency of the system directly depends on the principle by which clusters are created and rebuilt and under what conditions a task is delegated to another cluster.

At the moment, various methods have been used to solve the problem of cluster formation: from linear programming to Markov chains and genetic algorithms. However, some of the work using these methods takes latency and bandwidth between nodes as the main parameters, expecting that any service can be moved to optimize the architecture. However, this concept is incorrect from a practical point of view, since not every node can perform the service tasks due to its hardware characteristics.

Also, when performing tasks on graphs, it is assumed that the distance matrix has already been built, although in a distributed system, each node may not be aware of all other nodes in the system if there is no SDN or master node to which other nodes are concentrated. On the other hand, their presence is the ‘single point of failure’ of the system, even if this component can be dynamically redistributed during operation.

Thus, there is a need to develop a method for clustering nodes of a distributed telecommunication system that:

- creates an architecture without a single point of failure and can be initialized from any node;
- contains an algorithm for scanning the network of computing nodes to find the distance matrix;
- when creating clusters, it seeks to optimize delays in data processing chains, taking into account the sets of tasks that can be effectively performed by the nodes.

#### References

19. Neto A.R. (2021). Edge-distributed Stream Processing for Video Analytics in Smart City Applications, DOI: 10.13140/RG.2.2.10968.57604.
20. Lera I., Guerrero C., Juiz C. (2019). Availability-Aware Service Placement Policy in Fog Computing Based on Graph Partitions. IEEE Internet of Things Journal, vol.6, no.2, pp.3641-3651. DOI: 10.1109/IIOT.2018.2889511.
21. Skarlat O., Nardelli M., Schulte S. (2017). Optimized IoT service placement in the fog. SOCA 11, pp. 427–443. DOI: 10.1007/s11761-017-0219-8.

УДК 681.5.08:629.4.016.5

**ХІСМАТУЛІН В.Ш.**, кандидат технічних наук,  
професор, Українського державного університету  
залізничного транспорту

**САГАЙДАЧНИЙ В.Г.**, Український державний  
університет залізничного транспорту  
**ПЕЛІХ В.Р.**, аспірант Український державний  
університет залізничного транспорту

#### Визначення вимог до частоти оновлення інформації для реєстрації руху поїзда

Перспективні методи керування рухом залізничного транспорту передбачають використання координатної інформації про рухомі одиниці. Вона дозволяє реалізувати координатні способи регулювання руху на основі визначення місця розташування поїздів, їх швидкості і прискорення. Координатна інформація може бути отримана з використанням супутникових систем навігації, локомотивних засобів контролю, точкових колійних датчиків та інших джерел. У всіх цих випадках доцільно проводити статистичну обробку первинних даних. Однією з проблем побудови системи обробки координатної інформації є визначення частоти оновлення інформації, необхідної для реєстрації руху поїзда.

У роботі розглянуто підхід до вибору частоти оновлення інформації за результатами аналізу спектрів дій, що впливають на рух поїзда.

**Бунчуков А.О.**

Департамент автоматизації телекомунікацій АТ  
“Укрзалізниця”

#### РЕЙКОВІ КОЛА В ПРИСТРОЯХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Рейкові кола є основним засобом контролю зайнятості ділянок залізничної колії, дія якого закладена в роботу всіх систем керування і регулювання рухом поїздів і яким в значній мірі визначається надійність роботи цих пристроїв і безпека руху поїздів.

У доповіді, окрім загальних відомостей про рейкові кола, розглянуто особливості їх експлуатації в умовах сьогодення на залізницях України, а саме:

- здійснено порівняння рейкових кіл з альтернативними пристроями і засобами контролю вільності ділянок залізничної колії;
- проаналізовано вплив відмов рейкових кіл на якість і безпеку перевізного процесу. Показано частку відмов у роботі рейкових кіл відносно усіх відмов пристроїв залізничної автоматики;
- показано вплив експлуатаційного персоналу на якість і безпеку функціонування рейкових кіл;

- переваги при використанні рейкових кіл тональної частоти. Зокрема розглянуто загальну інформацію про мікропроцесорні тональні рейкові кола;

- зроблено висновок про забезпечення мікропроцесорними рейковими колами: більш високих показників надійності; простоти та зручності обслуговування з мінімальними витратами; наявності вбудованих засобів діагностики, що дозволяє оперативно локалізувати місце пошкодження, скорочення часу на їх пошук та усунення, що в умовах експлуатації істотно знижує час перебою в русі поїздів; можливості виявлення передвідмовних станів, що дозволяє експлуатаційному штату своєчасно здійснювати попереджувальні ремонти та обслуговування, тим самим скорочуючи кількість можливих відмов; наявності в мікропроцесорних рейкових колах цифрового інтерфейсу для ув'язки з мікропроцесорними системами автоматики і релейного інтерфейсу, що забезпечує можливість роботи з релейними системами, дозволяє застосовувати мікропроцесорні рейкові кола у складі різних систем практично без обмежень.

#### Список використаних джерел

Аналіз експлуатаційної роботи господарства сигналізації та зв'язку.

УДК:656.629.073

*Гриценко Н.В. к.е.н., доцент, Козодой Д.С. к.т.н., доцент  
Український державний університет залізничного транспорту  
Україна, м. Харків*

#### СТРАТЕГІЧНА ЦІЛЬ РОЗВИТКУ ІНТЕГРОВАНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ З ВРАХУВАННЯМ ПИТАНЬ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Розвиток інтегрованої транспортно-логістичної системи країни як підсистеми економічної системи країни та складової частини міжнародних логістичних систем дає змогу зайняти конкурентоспроможні позиції на міжнародних ринках логістичних послуг. В умовах нестабільної фінансової ситуації, що склалася в країні, та зважаючи на сучасне економіко-географічне положення України, з врахуванням негативного

впливу на навколишнє середовище, розвиток транспортної логістики можливий шляхом чіткої стратегічної цілі розвитку інтегрованої транспортно-логістичної системи за рахунок транзитного потенціалу країни та участі України у міжнародних транспортно-логістичних проєктах.

Одним із вагомих чинників інтеграції України в європейській і світовий економічний простір, підвищення конкурентоспроможності національної транспортної системи є формування логістичних потоків та їх раціональна організація. Однією зі стратегічних цілей розвитку транспортного сектору України має бути створення конкурентного внутрішнього ринку транспортних послуг та побудова комплексної, збалансованої за видами транспорту, ефективної національної транспортної системи, здатної в повному обсязі задовольняти потреби суспільства у перевезеннях, забезпечити належну якість і безпеку перевізного процесу, знизити транспортні витрати у вартості продукції, що можливо досягти за умови впровадження системи і методів логістики в управління діяльністю транспортних підприємств [1].

У процесі логістичного управління на підприємствах транспортної галузі слід виокремити такі його підсистеми, як постачання, складська, транспортна, виробнича, збутова [2,3]. Складська підсистема ґрунтується на вдосконаленні процесів складування за допомогою впровадження складських технологій, підвищення якості складських послуг, їхньої стандартизації та раціонального розміщення. Транспортна підсистема забезпечує розроблення раціональних схем поставок, маршрутів перевезень; оптимальне завантаження транспорту; єдність процесу транспортування з виробничим та складським процесами; облік на транспорті. Виробнича підсистема здійснює впровадження методів управління запасами, планування виробництва, забезпечення виробництва, облік матеріального потоку, дотримання виробничого циклу, підвищення якості продукції та послуг. Збутова підсистема спрямована на системне дослідження ринку транспортних послуг, підвищення швидкості оформлення та обробки замовлень, підвищення рівня логістичного сервісу тощо.

Слід відзначити, що під час формування напрямів розвитку логістичної діяльності підприємств транспортної галузі необхідно враховувати те, що саме транспортна логістика порівняно з іншими логістичними системами завдає найбільшої шкоди навколишньому середовищу. Досить гостро стоять проблеми забруднення довкілля від транспортної інфраструктури. Це безпосередньо вплив автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту, а також

антропогенний вплив на навколишнє середовище під час проектування, будівництва та експлуатації лінійних транспортних об'єктів. Серед усіх транспортних засобів автотранспорт залишається основним джерелом забруднення атмосферного повітря та порушення екологічної рівноваги. Для транспортних засобів використовують паливе з різних видів нафтопродуктів і мастил, леткі фракції яких у складі відпрацьованих газів дизельних та бензинових двигунів внутрішнього згоряння забруднюють практично всі об'єкти довкілля. Залізничний транспорт є лідером по шумовому забрудненню навколишнього середовища. Авіаційний транспорт є джерелом порушення акустичного режиму на значній території, стану атмосферного повітря та підземних вод. Небезпеку для довкілля становлять і нафтові сховища в аеропортах. На цей час актуальними питаннями органів державної влади і природоохоронних служб, передусім, мають бути спрямовані на попередження та зменшення шкідливого впливу транспорту на довкілля і здоров'я населення, шляхом упровадження організаційних заходів щодо створення швидкісних автомагістралей без припинення транспортного руху, об'їзних автошляхів, використання неетильованого бензину і скрапленого природного газу та інших заходів. Україна має значний потенціал для використання менш шкідливих видів транспорту, адже на її території розташована одна з найбільших за довжиною залізничних мереж у Європі, наявна широка мережа внутрішньоводних шляхів із виходом до моря. Також Україна має значні природні ресурси та унікальне навколишнє середовище, але водночас є однією з найбільш екологічно забруднених країн. У рейтингу країн за станом екологічної ефективності Україна посіла 44 місце серед 180 країн [4].

Виходячи з цього, під час побудови інтегрованої системи логістичного управління до комплексу її результативних показників необхідно включити показник екологічності логістичної системи. Вирішення екологічних проблем в транспортному секторі країни, дасть можливість не тільки значно знизити модуль техногенного навантаження на довкілля, сприяти збереженню унікальних природних та історико-культурних ландшафтів, а й суттєво зменшити рівень захворюваності населення.

[1] Іртищева І. О. Структура транспортно-логістичної системи України / І. О. Іртищева, С. М. Мінакова, О. А. Христенко // Глобальні та національні проблеми економіки. - 2019. - № 4. - С. 146–149. [2] Садловська І. П. Розвиток національної транспортної мережі України та її інтеграція до пріоритетних транспортних мереж ЄС / І. Садловська // Зб. наук пр. Держ. екон.-техн. ун-ту

трансп. - 2021. - № 31. - С. 16–26. [3] Яцюга О.О. Транспортно-логістична система України в умовах Європейської інтеграції / Зб.наук. пр. Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. КНТЕУ. 2020. № 3. – С. 89-99. [4] Bondarenko, S. and Lagodienko, V., Sedikova, I., and Kalaman, O. (2018). Application of Project Analysis Software in Project Management in the PreInvestment Phase, Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9(13), pp. 676–684.

Індик С.В., к.т.н., доцент, УкрДУЗТ

### Аналіз методів оптимізації топології складних розподілених мереж із застосуванням штучного інтелекту

У сучасних умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій і зростання обсягу передачі даних розподілені мережі є важливою частиною загальнонаціональної інфраструктури. Висока складність таких мереж, а також вимоги до їхньої надійності та ефективності, призводять до необхідності впровадження новітніх технологій для автоматизації управління та вдосконалення їхньої топології. Одним із найбільш перспективних напрямків є застосування штучного інтелекту для оптимізації топології складних розподілених мереж.

Розподілені є мережі, у яких різні компоненти, такі як системи комутації, кінцеві пристрої та системи зберігання даних, розташовані у різних географічних регіонах, але функціонують як єдина система. В таких мережах забезпечується взаємодія між різними елементами, що ускладнює їхню підтримку та управління. Традиційні методи ручного налаштування не здатні забезпечити ефективне управління через складність топології, змінювані умови та вимоги швидкої адаптації до змін у навантаженні чи середовищі.

За рахунок застосування штучного інтелекту можливо покращити автоматизацію процесів управління та оптимізацію топології розподілених мереж, виконуючи такі ключові функції, як аналіз потоків трафіку та прогнозування можливих перевантажень або збоїв, що дозволить заздалегідь приймати рішення для зміни топології, автономного коригування конфігурації мережі в реальному часі залежно від змін у середовищі та визначення оптимальних шляхів передачі даних, мінімізуючи затримки та забезпечуючи максимальну ефективність використання пропускної здатності.

Існує кілька основних методів, за допомогою яких можна вдосконалювати топологію розподілених мереж із застосуванням штучного інтелекту:

– методи на основі машинного навчання для аналізу трафіку, які дозволяють мережевим системам навчатися на основі попередніх даних про мережевий трафік та активність користувачів. Застосовуючи такі алгоритми, мережа може передбачати піки навантаження, виявляти «вузькі місця» та автоматично налаштовувати маршрутизацію для уникнення перевантажень.

– методи підкріплювального навчання для адаптивної топології, які можуть використовуватися для автоматичного налаштування топології мережі в реальному часі. Вони працюють за принципом "спроба-помилка", що дозволяє системам навчатися на основі дійсних змін у мережі.

– методи глибинного навчання, які дозволяють аналізувати великі обсяги даних, такі як журнал подій та записи трафіку мережі. Це дозволяє знаходити приховані патерни, що вказують на неефективні ділянки топології або потенційні загрози. За допомогою методів глибинного навчання можна оптимізувати структуру мережі на основі тривалих трендів і динамічних змін у середовищі.

– методи на основі роботи мультиагентних систем для децентралізованого управління, за рахунок яких можна розподіляти завдання управління топологією між різними агентами, які можуть працювати незалежно або спільно для досягнення загальної мети. Цей підхід особливо ефективний для складних мереж, де централізоване управління стає неефективним.

Використання методів штучного інтелекту в управлінні та оптимізації розподілених мереж дозволяє значно скоротити роботу, пов'язану з автоматичними налаштуваннями та управлінням топологією, реалізувати швидке реагування на зміни в навантаженні або умовах мережі, забезпечуючи високу продуктивність. Завдяки аналізу та прогнозуванню методи штучного інтелекту забезпечують оптимальне використання мережеских ресурсів, знижуючи затримки та підвищуючи ефективність роботи мережі, мають здатність виявляти аномалії в трафіку, передбачати кібератаки та вживати заходи для захисту мережі.

Слід також враховувати певні труднощі впровадження штучного інтелекту, а саме потребу у збиранні й обробці значних обсягів даних, що вимагають додаткових ресурсів, складність інтеграції алгоритмів штучного інтелекту в наявну мережеву інфраструктуру, складність рішень, які приймаються системами штучного інтелекту, що може створити певні труднощі в їхньому прийнятті на практиці.

Застосування штучного інтелекту відкриває нові можливості для вдосконалення топології складних розподілених мереж, а використання методів на його основі з урахуванням глибокого

розуміння технологій і врахування викликів, пов'язаних із масштабуванням та інтеграцією цих систем дозволить створити більш адаптивні, надійні та продуктивні мережі.

Список літератури:

1. Zhang Yan, Mehmet A. Belli. Artificial Intelligence and Machine Learning for Networking and Communications. Wiley-IEEE Press, 2021.
2. Luo Fa-Long. Machine Learning for Future Wireless Communications. Wiley-IEEE Press, 2020.
3. Akyildiz I.F., A. Lee. AI-Driven Cognitive Networks for Next-Generation Wireless Communications. IEEE Network, vol. 35, no. 6, 2021, pp. 272-279

УДК 321.627

**МАЗІАШВІЛІ А.Р.** асистент кафедри  
(УкрДУЗТ)

### **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ ПО ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМ СИСТЕМАМ**

Нейромережеві системи, інтегровані в телекомунікаційні мережі для передачі відеоінформації, значно покращують якість і швидкість передачі даних завдяки адаптивному стисненню відео та оптимізації мережеских ресурсів. Це дозволяє забезпечити безперебійну передачу високоякісного контенту навіть в умовах обмеженої пропускну здатності та динамічних умов мережі, відкриваючи нові можливості для розвитку цифрових технологій та мультимедійних сервісів у різних галузях.

Застосування нейромережеских систем для передачі відеоінформації через телекомунікаційні системи стає все більш актуальним завдяки зростаючим вимогам до якості та швидкості обробки даних. Нейронні мережі, особливо глибокі нейронні мережі (deep learning), здатні ефективно аналізувати та обробляти відеоконтент, що дозволяє значно зменшити обсяг переданих даних без втрати якості. Одним із ключових аспектів застосування нейромереж є їхня здатність до адаптивного стиснення відео. Вони можуть навчатися на різних наборах даних і автоматично налаштовувати параметри стиснення відповідно до доступної пропускну здатності мережі.

Завдяки цьому, телекомунікаційні системи стають більш гнучкими та здатними адаптуватися до динамічних умов мережі, таких як затримки, збої чи перевантаження. Це забезпечує надійну та якісну передачу відеоінформації навіть в умовах високого



навантаження або обмеженої пропускної здатності. Нейромеревеві системи також можуть використовуватися для поліпшення якості відео під час передачі, зменшуючи вплив шуму, артефактів та інших факторів, що погіршують якість зображення.

У перспективі, інтеграція нейромерев у телекомунікаційні системи може сприяти розвитку таких технологій, як 5G, доповнена реальність (AR), віртуальна реальність (VR), та інші високоякісні мультимедійні сервіси, що вимагають високої швидкості передачі даних та низької затримки. Це також дозволить підвищити ефективність передачі даних у різних галузях, включаючи медицину, освіту, розваги та корпоративні комунікації.

### Список використаних джерел

1. Leon-Garcia, A. "Communication Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures"
2. Tian, T., Ma, Y., et al. "Low-latency Video Transmission with Deep Learning in 5G Networks"
3. Dai, W., et al. "A Novel Video Coding Algorithm Based on Neural Networks"

УДК 656.22

*Канд. техн. наук О.А. Малахова<sup>1</sup>, здобувач  
В.М. Колінько<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

### УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ ЗАЛІЗНИЧНО - МОРСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ

Анотація

Ефективне транспортування зернових вантажів відіграє життєво важливу роль у глобальному ланцюгу постачання сільськогосподарської продукції. З огляду на складність і масштабність переміщення зерна між регіонами і країнами, оптимізація процесу маршрутизації залізничного і морського транспорту має вирішальне значення. У цій дипломній роботі досліджуються проблеми маршрутизації зернових вантажів, пропонуються стратегії підвищення ефективності залізничних і морських перевезень, а також обговорюється інтеграція сучасних технологій для забезпечення кращого управління ланцюгами поставок. Дослідження включає аналіз поточної практики, технологічних інновацій та стратегічних підходів до підвищення ефективності перевезень зерна з одночасною мінімізацією витрат і затримок.

Зерно є ключовим товаром у світовій харчовій промисловості, а основні країни-виробники, такі як США, Канада, Бразилія, Україна тощо щорічно експортують мільйони тонн зерна. Транспортування зерна від виробників на міжнародні ринки значною мірою залежить організації міжнародних інтермодальних перевезень у залізнично - морському сполученні. Однак логістика зернових перевезень стикається з численними проблемами, зокрема: затримки при перевезенні залізницею через нестачу рухомого складу, затримки в портах, неефективність залізничних маршрутів, екологічні проблеми та мінливий попит на морські перевезення. Удосконалення маршрутів зернових вантажів має важливе значення для забезпечення своєчасної доставки, зниження транспортних витрат і задоволення зростаючого світового попиту на продовольство.

Залізничний і морський транспорт є двома основними видами транспорту для перевезення зерна на великі відстані, причому кожен з них відіграє взаємодоповнюючу роль. Залізничі є домінуючою внутрішньою транспортною системою для перевезення таких сипучих вантажів, як зерно, з центрів сільськогосподарського виробництва до великих портів. Морський транспорт, у свою чергу, сприяє відвантаженню зерна на міжнародні ринки. Взаємодія обох видів транспорту є життєво важливою для забезпечення безперебійної роботи ланцюга постачання зерна.

Залізничні колії зазвичай з'єднують зернохосвища, переробні заводи та основні експортні термінали. Ефективність залізничних перевезень залежить від добре розвиненої інфраструктури, оптимальних маршрутів і наявності вагонів.

Морський транспорт: Океанські судна, особливо балкери, здійснюють перевезення зерна на міжнародні ринки. Найбільші країни-експортери зерна створили глибоководні порти, призначені для прийому великих суден. Однак затримки при завантаженні та розвантаженні зернових вантажів, перевантаженість портів та проблеми з морськими маршрутами можуть перешкоджати процесу морських перевезень.

1.2 Основні виклики у сфері перевезень зернових вантажів

На ефективність та надійність перевезень зернових вантажів впливає низка проблем, зокрема

- Інфраструктурні обмеження: Застаріла залізнична інфраструктура та обмежені портові потужності можуть призвести до виникнення вузьких місць. Недостатнє залізничне сполучення між сільськими виробничими районами та

прибережними експортними терміналами також створює логістичні проблеми.

- Затори: Як на залізниці, так і в морських портах часто виникають затори, особливо під час пікових сезонів збору врожаю, що спричиняє затримки та збільшує транспортні витрати.

- Питання координації: Синхронізація графіків залізничних і морських перевезень є складною, що призводить до простою поїздів або суден в очікуванні завантаження і розвантаження. Невідповідність у розкладі знижує ефективність і підвищує витрати.

- Фактори навколишнього середовища: Неприятливі погодні умови, такі як шторми або повені, можуть порушити роботу як залізничного, так і морського транспорту. Зміна клімату посилила ці ризики, що вимагає підвищення стійкості транспортних мереж.

- Регуляторні та геополітичні обмеження: Регулювання, тарифи і політичні конфлікти між країнами можуть впливати на маршрути зернових вантажів, що призводить до збільшення витрат і тривалості транзиту.

1.3 Важливість ефективної маршрутизації зернових вантажів

Ефективна маршрутизація зернових вантажів забезпечує своєчасну доставку зерна на внутрішній і міжнародний ринки. Погані рішення щодо маршрутизації призводять до збільшення часу транзиту, збільшення споживання палива та викидів вуглекислого газу, що підвищує вартість транспортування та зменшує прибуток.

Розділ 2: Поточна практика маршрутизації зернових вантажів

2.1 Практика маршрутизації залізничних перевезень

Залізничні перевезення зерна часто здійснюються за встановленими маршрутами, що базуються на історичних торговельних потоках, залізничній інфраструктурі та близькості до експортних терміналів. У таких країнах, як США та Канада, виробники зерна значною мірою покладаються на залізниці класу I для перевезень на далекі відстані. Однак багато маршрутів страждають від неефективності через такі фактори, як обмеження пропускної спроможності, конкуренція за використання ниток графіка та нестача локомотивів і локомотивних бригад.

Залізниці, як правило, надають пріоритет великим виробничим районам і прибережним портам, що створює меншу гнучкість для виробників, розташованих далі від цих вузлів. Крім того, рішення про маршрути часто не враховують фактори реального часу, такі як рівень завантаженості залізничного напрямку або погодні умови. Це може призвести до затримок і збільшення

транспортних витрат, які перекладаються на споживачів.

2.2 Практика морських перевезень

Перевезення зернових морем, як правило, здійснюється за встановленими маршрутами між основними країнами-експортерами та імпортерами. Однак ефективність морських перевезень значною мірою залежить від таких факторів, як портова інфраструктура, розмір судна, погодні умови та геополітичні міркування. Затримки в роботі портів можуть спричинити значні перебої в глобальному ланцюгу постачання зерна, особливо в періоди пікових відвантажень.

Судноплавні компанії прагнуть мінімізувати витрати шляхом оптимізації споживання палива, але непередбачуваність попиту на зерно і перевантаженість портів часто призводить до неоптимальних маршрутів. Крім того, світова судноплавна галузь дедалі більше зосереджується на скороченні викидів вуглецю, що посилює тиск на оптимізацію маршрутів судноплавства.

2.3 Виклики в синхронізації залізничного і морського транспорту

Однією з найбільших проблем у маршрутизації зернових вантажів є узгодження графіків залізничного і морського транспорту. Розбіжності в наявності вагонів, причалів і перевантажувального обладнання можуть призвести до затримок, плати за простій і збільшення логістичних витрат. Непослідовна комунікація між залізничними операторами, портовими адміністраціями та судноплавними компаніями ще більше загострює ці проблеми.

Розділ 3: Технологічні інновації в маршрутизації зернових вантажів

3.1 Роль аналізу даних і штучного інтелекту

Аналіз даних і штучний інтелект (ШІ) трансформують логістичну галузь, дозволяючи більш точно прогнозувати, приймати рішення в режимі реального часу і оптимізувати маршрути. Аналізуючи історичні дані та враховуючи змінні в реальному часі, такі як погодні умови, затримки на шляху прямування і наявність вагонів, системи штучного інтелекту можуть рекомендувати найбільш ефективні маршрути для перевезення зерна.

Наприклад, програмне забезпечення на основі штучного інтелекту може передбачити, коли може виникнути затор на залізниці або в порту, і запропонувати альтернативні маршрути або графіки, щоб уникнути затримок. Це допомагає поліпшити координацію між залізничними та морськими транспортними операторами, що призводить до більш плавного переходу між різними видами транспорту.

3.2 Інтернет речей (IoT) для моніторингу зернових вантажів

Інтернет речей (IoT) відіграє важливу роль у відстеженні та моніторингу зернових вантажів під час їх переміщення по ланцюгу поставок. Оснащуючи вагони, вантажівки та судна пристроями Інтернету речей, оператори можуть відстежувати місцезнаходження, стан і температуру зерна в режимі реального часу. Ці дані можуть бути інтегровані в логістичні платформи для оптимізації рішень про маршрути на основі поточного стану вантажу та інфраструктури.

Пристрої Інтернету речей також можуть надавати ранні попередження про потенційні збої, такі як механічні поломки, коливання температури або затримки в пунктах завантаження і розвантаження. Це дозволяє приймати рішення на випередження і впроваджувати плани на випадок надзвичайних ситуацій для мінімізації затримок.

3.3 Блокчейн для підвищення прозорості та ефективності

Технологія блокчейн має потенціал для революції в логістиці зернових перевезень за рахунок підвищення прозорості та ефективності ланцюга поставок. Платформи на основі блокчейну можуть відстежувати кожен етап руху зернового вантажу, від ферми до ринку, і реєструвати всі транзакції та події в незмінному реєстрі. Це покращує простежуваність і підзвітність, одночасно знижуючи ризик шахрайства і помилок в документації.

Крім того, блокчейн може допомогти автоматизувати платежі і спростити процес випуску таких документів, як коносаменти, тим самим зменшуючи адміністративне навантаження на вантажовідправників і вантажоодержувачів.

Розділ 4: Стратегічні підходи до підвищення ефективності маршрутизації

4.1 Інвестиції в модернізацію інфраструктури

Одним з найефективніших способів покращити маршрутизацію зернових вантажів є інвестиції в модернізацію залізничної та портової інфраструктури. Модернізація залізничних колій, розширення портових потужностей та вдосконалення вантажно-розвантажувального обладнання може значно зменшити затримки та затримки. Уряди та зацікавлені сторони приватного сектору повинні працювати разом, щоб забезпечити ключові регіони-експортери зерна необхідною інфраструктурою для задоволення зростаючого попиту.

Покращення залізничної інфраструктури передбачає розширення пропускної спроможності колій, модернізацію систем сигналізації, а також інвестиції в двоколісне сполучення або

електрифікацію певних маршрутів. Ці заходи дозволять ефективніше та швидше транспортувати зерно на великі відстані.

Портова інфраструктура: Збільшення кількості зернових терміналів, модернізація сховищ та впровадження автоматизованих систем обробки в портах може зменшити кількість «вузьких місць» під час пікових експортних сезонів.

4.2 Співпраця між зацікавленими сторонами

Співпраця між залізничними операторами, портовими адміністраціями, судноплавними компаніями та виробниками зерна має важливе значення для оптимізації маршрутів зернових вантажів. Створення централізованих логістичних платформ, де всі зацікавлені сторони можуть обмінюватися даними в режимі реального часу, ефективно спілкуватися і координувати графіки, призведе до більш ефективного використання ресурсів і зменшення затримок.

Зацікавлені сторони також повинні брати участь у спільному плануванні, щоб виявити потенційні вузькі місця в ланцюгу поставок і розробити плани на випадок непередбачених обставин. Працюючи разом, вони можуть підвищити стійкість мережі транспортування зерна та забезпечити більш передбачувані графіки поставок.

4.3 Впровадження гнучких стратегій маршрутизації

Враховуючи мінливість попиту на зерно та умов транспортування, впровадження гнучких стратегій маршрутизації може підвищити загальну ефективність ланцюга поставок. Наприклад, залізничні оператори можуть розробити альтернативні маршрути в обхід перевантажених або постраждалих від погодних умов районів. Аналогічно, судноплавні компанії можуть створити кілька варіантів заходження в порт, щоб забезпечити своєчасне прибуття зерна до місця призначення, навіть якщо в основному порту виникають затримки.

Використання даних у режимі реального часу та прогнозової аналітики може допомогти зацікавленим сторонам визначити, коли і де потрібна гнучкість, що дозволить їм динамічно коригувати свої операції у відповідь на мінливі умови.

Розділ 5: Екологічні аспекти маршрутизації зернових вантажів

5.1 Скорочення викидів вуглецю на залізничному та морському транспорті

Оскільки екологічні проблеми стають все більш важливими в глобальній логістиці, все більша увага приділяється зменшенню вуглецевого сліду при транспортуванні зернових вантажів. Залізничний транспорт

*Аспірант М.Д. Попов<sup>1</sup>, Канд. техн. наук  
Г.М. Сіконенко<sup>1</sup>, здобувач Р.С. Шакін<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ГРАФІКУ ВИКОНАНОГО РУХУ НА ОСНОВІ ДОСВІДУ КОМПАНІЇ NETWORK RAIL

Ефективна організація роботи залізничного транспорту не можлива без ретельного аналізу виконаної роботи та її покращення. Графік руху поїздів є організаційною основою перевізного процесу. У роботі розглядається удосконалення системи показників графіку виконаного руху на основі досвіду компанії Network Rail, яка є власником залізниць Великої Британії (за винятком північної Ірландії).

Чітке дотримання графіку руху поїздів дозволяє уникати додаткових зупинок і непродуктивного часу простою під час затримок. Тому, пунктуальність є одним із ключових показників виконання графіку руху і підвищення ефективності роботи залізниці, що забезпечує оптимальне використання інфраструктури, підвищує задоволеність пасажирів і надійність транспортної системи та зменшує ризики втрати прибутку.

Причинами виникнення затримок на Network Rail вважають [1]:

- пошкодження або поламака залізничної колії;
- погіршення погодних умов (спека, засніження, зледеніння);
- стихійні лиха (затоплення, земляні зсуви, повені, шторми);
- нещасні випадки;
- перевищення термінів робіт з обслуговування і ремонту;
- пошкодження або вихід із ладу технічного устаткування (контактної мережі, системи сигналізації тощо)

Всі ці причини впливають на час прибуття пасажирських і вантажних поїздів. До деяких з причин можна підготуватися заздалегідь, деякі виникають несподівано і вимагають швидких дій [1].

Проте для оцінки наслідків непунктуального відправлення і їх впливу на вчасність прибуття поїздів згідно з розкладом, Network Rail у 2024 році використовує три ключових показника ефективності[2]:

1. On Time (вчасно) – це показник, який оцінює чи прибули поїзди на станцію на одну хвилину раніше або менш ніж через одну хвилину після запланованого часу (відповідно до розкладу). Він охоплює кожен зупинку поїзда на всіх проміжних станціях. Поїзди, які прибули раніше, класифікуються як «вчасно». Вищий показник «вчасно» свідчить про кращу пунктуальність. Це строгий критерій, який забезпечує високий рівень точності.

2. Public Performance Measure (PPM) – це більш поширений показник, який оцінює, чи запізнення поїзда по прибуттю на кінцеву станцію менше ніж на 5 хвилин (для місцевих поїздів) або менше ніж на 10 хвилин (для міжміських поїздів) після розкладу. PPM використовується для оцінки загальної ефективності операторів залізниці.

3. Cancellations (скасування) – цей показник оцінює кількість повних або часткових скасування поїздів. Часткові скасування враховуються як половина повного скасування.

Станом на другий квартал 2024 року, 70.1% поїздів прибували вчасно. Водночас, за загальним показником пунктуальності (Public Performance Measure), 87.4% поїздів прибували вчасно або із незначним запізненням (до 5 – 10 хвилин) на кінцеву станцію, а кількість скасованих поїздів становить 3.5% [2, 3]. У другому кварталі 2024 року сталося покращення порівняно з 1 кварталом показника пунктуальності по всіх трьох пунктах відповідно на 1,8 %, 0,6 % і 0,2 %.

У таблиці 1 наведено порівняння пунктуальності за 1 і 2-ий квартал 2023 і 2024 років  
Таблиця 1 – Порівняння ключових показників пунктуальності за 2-й квартал 2024 і 2023 рр.

Показник	Квітень - червень (2-й квартал)		Зміна, $\Delta \pm$
	2024 р.	2023 р.	
Вчасно (On time)	70,1%	70,7%	- 0,6%
PPM	87,4 %	87,6%	- 0,2%
Скасування	3,5%	3,3%	+ 0,2%

Крім того, для більш детальної оцінки пунктуальності, на Network Rail використовуються додаткові показники ефективності, а саме:

- **хвилини затримки (Delay minutes)**, що вимірюють час, втрачений між послідовними контрольними точками на залізничній мережі.

- **хвилини затримки на 1000 миль (Delay minutes per 1000 miles)**, які надають

можливість виміряти затримки пасажирських поїздів, які були віднесені до Network Rail та залізничних операторів, з інцидентів, що сталися в кожному регіоні Network Rail на 1000 миль подорожі.

- середня затримка пасажирів (Average Passenger Lateness (APL)), що оцінює середню затримку пасажирів під час висадки з поїзда.

З урахуванням того, що кількість залізничних поїздок за даними ORR Data Portal [5] у 2024 році зросла на 16% порівняно з попереднім роком, досягнувши 1.61 мільярда поїздок, виконання останніх двох показників призводить до підвищення рівня зацікавленості у перевезеннях саме залізничним транспортом.

Статистичні дані по Network Rail показують, що залізниця поступово покращує свої показники завдяки модернізації інфраструктури, хоча проблеми з пунктуальністю залишаються внаслідок об'єктивних причин.

Доповнення системи технічного нормування на залізницях України розглянутим пулом показників дозволить визначити пріоритети та комплекс дій у модернізації інфраструктури і покращення експлуатаційної роботи.

[1] Офіційний сайт Network Rail. Розділ Delays Explained. Режим доступу: <https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/delays-explained/>

[2] Звіт ORR (Office of Rail and Road) за 2-й квартал 2024 р. Режим доступу: [https://dataportal.orr.gov.uk/media/ocib4lie/performance\\_stats\\_release\\_2024-25\\_q1.pdf](https://dataportal.orr.gov.uk/media/ocib4lie/performance_stats_release_2024-25_q1.pdf)

[3] Звіт ORR (Office of Rail and Road) за 2-й квартал 2023 р. Режим доступу: <https://dataportal.orr.gov.uk/media/vlqfv4tv/passenger-performance-apr-jun-2023.pdf>

[4] Звіт ORR (Office of Rail and Road) за 1-й квартал 2024 р. Режим доступу: <https://dataportal.orr.gov.uk/media/jwfpdpty/performance-stats-release-jan-mar-2024.pdf>

[5] Офіційний сайт ORR (Office of Rail and Road). Статистичний розділ «Passenger rail usage»: Режим доступу: <https://dataportal.orr.gov.uk/statistics/usage/passenger-rail-usage/>

УДК 656.073

*Канд. техн. наук Г.О. Примаченко<sup>1</sup>, Канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер<sup>1</sup>, аспірант Г.С. Пащенко<sup>1</sup>, аспірант С.В. Петрик*

<sup>1</sup>Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

## ЛОГІСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖНИХ ХАБІВ У ЗАГАЛЬНІЙ СИСТЕМІ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Будь-яка система є складною множиною, що складається з елементів та ланок або ланцюгів, які забезпечують її нормальне функціонування. Ці ланцюги пов'язують елементи, тому доцільно їх вважати зв'язками. Вони можуть відрізнятися за значенням. Якщо менш важливий зв'язок вийде з ладу з конкретної причини, його можна замінити іншими. Це може викликати зміну параметрів використання системи, але учасники системи майже не відчують таку зміну, а кінцевий результат роботи системи задовільнить потреби її учасників. В той же час, жодна система не може існувати без ключових її елементів, вихід з ладу яких негативно відобразиться на рівні держави або, навіть, світу.

Такими ключовими елементами для системи контейнерних перевезень є вантажні хаби – контейнерні термінали, що розташовані на перетині логістичних потоків та/або слугують пунктами перевалки вантажів між різними видами транспорту [1]. Яскравими прикладами хабів в Україні були припортові контейнерні термінали Великої Одеси. Спричинені війною проблеми змусили вантажоперевізників суттєво переглянути маршрути та способи транспортування контейнерів, внаслідок чого вантажопотоки були переорієнтовані на сухопутні західні кордони. Такі глобальні зміни є свідченням того, що вантажні хаби є невід'ємною частиною контейнерних перевезень, особливо у міжнародному сполученні.

Якщо розглянути систему контейнерних перевезень з точки зору логістики, то контейнери є матеріальним потоком, маршрути переміщення контейнерів – логістичним ланцюгом, а вантажні хаби – самостійними підприємствами. Тому доцільне застосування логістичного підходу, яке полягає в узгодженні управління матеріальним потоком, що в кінцевому результаті призводить до мінімізації витрат [2]. Таким чином, головним завданням такої системи є найбільш швидке переміщення контейнерів з вантажами при якомога найменших витратах.

При виконанні даного завдання слід відзначити головний параметр, на основі якого здійснюватимуться усі відповідні дії – контейнерний (матеріальний) потік. Вхідними даними приймається заявлена кількість контейнерів, що надходить від вантажовідправників. Ті контейнери, які виходять за межі України або надходять до одержувачів, вважаються такими, що пройшли систему та є

вихідним результатом. Тоді у математичному вигляді завдання можна записати таким чином:

$$\begin{cases} K_{\text{вих}}^{\text{доба}} = \sum_{i=1}^m v_{\text{обр}} \cdot 24 \rightarrow \max \\ R_{\text{рес}}(p) = \sum_{i=1}^m R(p_i) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

при

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m R(p_i) \geq 0 \\ i = [1; m] \end{cases}$$

де  $K_{\text{вих}}^{\text{доба}}$  – кількість контейнерів, що проходять через систему за одну добу, одиниць;

$v_{\text{обр}}$  – швидкість обробки контейнерів у системі, контейнерів за годину;

$R(p_i)$  – витрачені ресурси на обробку одного контейнера у середньому, грн.

Слід зазначити, що швидкість обробки контейнерів залежить від багатьох факторів, серед яких матеріальне забезпечення хабів (терміналів), сполучення контейнера (міжнародне або внутрішнє), використання шляхів сполучення тощо.

Важливою рисою вантажного хаба є його розташування. Якщо при плануванні такої системи надавати перевагу залізничному транспорту, то доцільно відводити місця під створення терміналів поблизу важливих залізничних вузлів України. Прикладом є Жмеринка, від якої розгалужуються три найважливіших напрямки: на Київ, на Одесу та на Львів. Іншими важливими вузлами є: Коростень, Козятин, Шепетівка, Знам'янка. Щодо подібних станцій на сході України слід відзначити, що там також існує багато потенційних місць розмішування хабів, але, на сьогоднішній день, вони знаходяться у зоні підвищеної небезпеки, тому створення нових терміналів там недоцільно. Для вирішення цієї задачі оптимальним є застосування методу зважених графів, але це буде подано у подальших дослідженнях.

[1] Контейнерні термінали - стратегічні транспортні хаби сучасної логістики - РІО Бердичів. РІО Бердичів. URL: <https://rio-berdychi.v.info/novyny/biznes/kontejnerni-terminaly-stratehichni-transportni-khaby-suchasnoi-lohistyky> (дата звернення: 01.10.2024).

[2] Логістика : конспект лекцій. Частина 1 / Д. В. Ломотько, Є. І. Балака, Д. С. Лючков, Г. О. Примаченко. – Харків : УкрДУЗТ, 2016. - 81 с.

УДК 656.223: 629.463

*Д-р. техн. наук Д. В. Ломотько, канд. техн. наук Г.М. Афанасов, асп. О.Ф.Афанасова*  
Український державний університет  
залізничного транспорту (м. Харків)

### УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ В УМОВАХ СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

Стабільність та зростання національної економіки значною мірою залежить від ефективності транспортного сектору та гнучкості логістичної діяльності всіх підприємств. Серед основних видів транспорту залізниця має багато переваг і тому успішно використовується в процесі перевезень широкої номенклатури вантажів, зокрема зернових, навіть у сьогоднішніх складних вітчизняних умовах. Необхідність реформування підходу до функціонування сучасної логістичної системи доставки зернових вантажів залізницями зумовлена, насамперед, підвищенням надійності поставок, ефективним управлінням логістичними процесами, зростанням відповідальності перевізників і транспортних операторів, а також пріоритетністю світових тенденцій до розвитку інфраструктури та захисту навколишнього середовища. Слід також враховувати шкідливий вплив автомобільних великовантажних транспортних засобів, що використовуються для перевезення зернових вантажів, на навколишнє середовище, стан доріг, шум та інші форми забруднення: Враховуючи тенденцію країн ЄС до мінімізації автомобільних перевезень, ефективність логістичних центрів на базі залізничних транспортних хабів буде і надалі зростати [1]. Це визначає один із стратегічних напрямів трансформації національної транспортної логістики та інтелектуалізації технічних процесів перевезення зерна на всіх видах транспорту.

Ефективність логістичної діяльності при перевезенні зернових вантажів забезпечується розвитком її складових, зокрема транспортних процесів, процесів прогнозування та управління шляхом створення гнучких виробничо-транспортних логістичних ланцюгів [2]. Одним із шляхів реалізації такого підходу є впровадження інтермодальних транспортних технологій з використанням прискорених зернових контейнерних поїздів, комплексна механізація та інтелектуалізація технічних процесів, розвиток термінальних мереж. Це дозволить безперешкодно перемішувати зернові вантажі між транспортними пунктами та кордонами. Залізнична логістична система може включати такі компоненти, як окремі транспортні та виробничі

компанії [3], інтермодальні вантажні комплекси в сухих портах або навіть логістичні центри, що працюють на єдиний економічний результат. Методологія логістичних систем у таких випадках повинна базуватися на синхронізації з виробничими процесами виробників сільськогосподарський продукції, зернотрейдерів та інших компаній, що відправляють та отримують вантажі. Цього можна досягти шляхом раціоналізації та оптимізації розподілу транспортних потоків зернових вантажів на шляху до кінцевого споживача з урахуванням прибутковості, продуктивності та ефективності загальної системи управління виробничо-транспортним логістичним ланцюгом.

Залізничний транспорт є важливою складовою єдиного транспортного комплексу України і являє собою найбільш розвинену та розгалужену інфраструктуру транспортної мережі України, що охоплює всі регіони, які мають стратегічне та економічне значення, та міжнародні транспортні коридори. Потужна інфраструктура, технологічні та інформаційні ресурси в усіх регіонах України мають бути використані як основа для створення масштабних логістичних центрів і кластерів. На цій основі має бути створений єдиний логістичний центр для управління транспортним процесом всіх видів вантажів. Вертикальна структура, що складається з єдиного логістичного центру, великих логістичних центрів у промислових та сільськогосподарських кластерах та регіональних (локальних) логістичних центрів у точках зміни вантажопотоків. Це має стати невід'ємною частиною національної транспортної системи перевезення зернових вантажів. При цьому залізнична галузь зможе відігравати домінуючу роль в управлінні вантажопотоками в усьому національному транспортному комплексі.

Таким чином, національна логістична система повинна складатися з трьох рівнів. Вона повинна складатися з інтегрованих структурних підрозділів (транспортні технології, станційні операції, центри обробки документів, центри управління рухом). Формування процесу залізничних перевезень зернових вантажів у контексті побудови єдиного логістичного хабу може вирішити одночасно кілька стратегічних завдань, таких як підвищення надійності та гнучкості ланцюга поставок, максимізація фінансових результатів для всіх учасників логістичного процесу та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

#### Список використаних джерел

- [1] Lomotko, D., Ohar, O., Kozodoi, D., Barbashyn, V., Lomotko, M. (2023). Efficiency of “Green” Logistics Technologies in Multimodal Transportation of Dangerous Goods. Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 536.

Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7\\_74](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_74)

- [2] Ломотко Д.В., Афанасова О.Ф. Шляхи удосконалення технології перевезень зернових вантажів залізничним транспортом. Транспортні технології та безпека дорожнього руху. Збірник тез доповідей П'ятої всеукраїнської науково-практичної конференції 12–13 березня 2024 р., Запоріжжя [Електронний ресурс] / Редкол. :С.М. Турпак (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024.- С. 35-37.
- [3] Lomotko, D., Kovalov D. The usage of genetic algorithms when planning railway transportation in international connection. Transport technologies, 2024; Volume 5, Number 1 : pp/ 64-71. <https://doi.org/10.23939/tt2024.01.064..>

#### УДК 330.565.(477)

канд. техн. наук **П.О. Харламов<sup>1</sup>, О.М. Харламова<sup>1</sup>, М.Д. Федик<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

### ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЧИН НЕСПРАВНОСТЕЙ І ВІДМОВ РУХОМОГО СКЛАДУ

Визначення причин несправностей і відмов у рухомому складі є складним завданням через широкий спектр факторів, які сприяють поломкам, особливо після планового технічного обслуговування. Дизельні двигуни, звичайний компонент локомотивів, схильні до певних видів зносу в залежності від конструкції, умов експлуатації та якості ремонту. Різні типи рухомого складу мають унікальні механічні конструкції, які впливають на їх продуктивність і схильність до певних поломок. Наприклад, відмінності в конструкціях різних серій і моделей можуть призвести до різноманітних несправностей і поломок у компонентах двигуна, таких як колінчастий вал, підшипники та інші важливі вузли.

Надійний підхід до аналізу несправностей повинен враховувати ці відмінності в конструкції рухомого складу, характеристиках збірки та конкретних моделях відмов. Класифікуючи причини серйозних пошкоджень дизельних двигунів, можна точно визначити найімовірніші джерела несправності. Шляхом ретельного вивчення основних, підтверджуючих і уточнюючих показників транспортні інженери можуть визначити високонадійні причини несправностей двигуна, що



покращує прийняття рішень у стратегіях технічного обслуговування та ремонту [1].

Для ефективного виявлення та аналізу причин несправностей у дизельних двигунах можна застосувати інтелектуальні інструменти діагностики, такі як діаграма Ісікави (або «риб'яча кістка») та аналіз Парето. Діаграма Ісікави допомагає розбити складні проблеми шляхом візуальної організації всіх потенційних причин проблеми. Класифікуючи кожен фактор, що сприяє виникненню несправностей дизельного двигуна, на окремі гілки, діаграма Ісікави сприяє структурованому підходу до точного визначення первинних джерел несправностей. Категорії в цьому аналізі можуть включати фактори, пов'язані з конструкцією, робочими умовами та процесами ремонту, кожна з яких має підкатегорії, які забезпечують додаткову специфіку.

Аналіз Парето, заснований на правилі 80/20, доповнює діаграму Ісікави, допомагаючи інженерам визначити пріоритети найбільш значущих причин несправності. У контексті несправностей дизельного двигуна це може означати визначення 20% факторів, які відповідають за 80% виявлених проблем. Зосереджуючись на основних причинах, інженери можуть приймати рішення на основі даних, щоб визначити пріоритетність коригувальних дій і ефективно розподілити ресурси [2].

Наприклад, при оцінці надійності кривошипно-шатунних і корінних підшипників у дизельних двигунах інтелектуальна діагностика може виявити ознаки зносу до того, як вони призведуть до катастрофічних збоїв. Класифікуючи ознаки пошкодження на основні, підтверджуючі та уточнюючі індикатори, інженери можуть застосувати поетапний підхід до аналізу несправностей. Початкові ознаки пошкодження дають широку картину потенційних проблем, тоді як підтверджуючі індикатори уточнюють це розуміння, а конкретизуючі індикатори визначають точний механізм відмови. Цей багаторівневий метод дозволяє швидше ідентифікувати несправності, оскільки кожен тип індикатора базується на попередньому, зменшуючи неоднозначність у процесі діагностики.

Застосування інтелектуальних діагностичних технологій на залізничному транспорті пропонує численні переваги. Систематично визначаючи причини несправностей і аналізуючи надійність компонентів, залізничні компанії можуть значно підвищити ефективність технічного обслуговування. Це не тільки зменшує витрати на ремонт і простої, але й підвищує безпеку, запобігаючи збоєм під час експлуатації. Крім того, оскільки технічне обслуговування рухомого складу стає все більш керованим даними, компанії можуть встановлювати

прогнози графіки технічного обслуговування, що дозволяє проактивно керувати несправностями двигуна до їх ескалації [3].

У майбутньому розвиток ШІ та машинного навчання покращить діагностику несправностей у рухомому складі. Ці технології можуть автоматизувати аспекти аналізу Ісікави та Парето, надаючи інформацію в режимі реального часу та дозволяючи бригадам з технічного обслуговування приймати швидші та більш обґрунтовані рішення.

У міру того як інтелектуальні технології продовжують розвиватися, транспортний сектор отримуватиме переваги від стратегій технічного обслуговування, що дедалі більше прогножуються та керуються даними, знаменуючи основний перехід до більш надійних та ефективних залізничних систем.

1. Fausto Pedro et al (2007). Failure analysis and diagnostics for railway trackside equipment / Engineering Failure Analysis, Volume 14, Issue 8, 2007, Pages 1411-1426, ISSN 1350-6307, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2007.03.005>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630707000556>).

2. Mr.R.S.Magdum, Prof.P.N.Gore. Root Cause Analysis using Ishikawa Diagram for Reducing Chain Link Rejection IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development| Vol. 3, Issue 09, 2015 | ISSN (online): 2321-0613.

3. Nair, V., Patel, S., & Kumar, R. (2019). Enhancing aircraft maintenance through predictive analytics: A case study in the USA. Aerospace Science and Technology, 93, 105400. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105400>.

#### УДК 656.212.5

*К.т.н. Г. В. Шаповал, к.т.н. Г. І. Шелехань, С. Ю. Дудка (УкрДУЗТ)*

### ВПЛИВ УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВУЗЛІВ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Розвиток залізничної інфраструктури загального та незагального користування у транспортних вузлах для забезпечення сучасних обсягів робіт у них залишається однією із найактуальніших науково-технічних задач для залізничного транспорту.

Функціонування залізничних вузлів має ключове значення у роботі залізниць, оскільки саме залізничні вантажні перевезення забезпечують вагому долю прибутків та наповнення держбюджету країни. Першочергова роль припортових вузлів

багато років поспіль полягає у забезпеченні міжнародних вантажоперевезень у взаємодії залізничного й морського видів транспорту при транспортуванні експортних та імпорتنних потоків.

Діяльність морських портів з міжнародних перевезень технологічно пов'язана з роботою залізничного транспорту, оскільки до 70% експорту та більше половини імпорتنних вантажів транспортуються саме через мультимодальні перевезення. З урахуванням ряду факторів, насамперед, економічних, на залізниці України у довоєнні роки відбулася переорієнтація вантажопотоків.

Сьогоднішній стан вантажоперевезень на залізничному транспорті характеризується невизначеністю щодо умов та обсягів перевезення вантажів, особливо міжнародних, через непередбачуваність економічного та політичного становища, нестабільний рівень безпеки, що пов'язаний із проведенням бойових дій, а також зміну прийняття рішень щодо стратегічних напрямків та способу перевезень вантажів у взаємодії з суміжними країнами, нестабільною логістичною складовою, яка проявляється у залежності від виду перевезень та можливого залучення у них інших видів транспорту.

Зазвичай вантажні перевезення протягом року характеризуються зміною періодів спаду та збільшення їх обсягів під впливом сезонності перевезень вантажів різного роду – у періоди збору й вивезення урожаю, у зимовий період, у період навігації морського транспорту і т. д. Але нерівномірність вантажних перевезень поточного року не дає можливості об'єктивного відображення їх стану через вплив факторів, що сьогодні не є керованими або такими, які можуть бути передбачені.

Для оптимального засвоєння вантажопотоків важливо, щоб технологія підвезення та вивезення вантажів була ув'язана із спеціалізацією морських терміналів, зокрема, виконання вантажних робіт. Це дозволить мінімізувати загальні витрати для обслуговування вантажопотоків. Крім того, важливо враховувати пропускну спроможність прилягаючих ділянок при транспортуванні експортно-імпорتنних, транзитних та внутрішніх масових вантажів, а також враховувати можливу маршрутизацію, уніфікацію полігонних вагових норм при транспортуванні генеральних вантажів та контейнерів.

Важливим є також врахування обмежень у конструкції припортових транспортних вузлів та їх структурних елементів, що впливають на можливість розвитку залізничної інфраструктури, умови та етапність цього розвитку.

В умовах технологічної та інформаційної роз'єднаності роботи залізниці і портів зазначені

фактори призводять до збільшення витрат на кінцевих ланках транспортного процесу. Особливо чітко це проявляється у роботі припортових станцій, де формують подачі вагонів як на причали морських портів і підприємств, так і на місця загального користування. Головною відмінністю у їх роботі є значна роздрібненість вагонів за призначеннями. Формування подач вагонів на причали зумовлює значне завантаження технічних пристроїв на припортових станціях.

Тому стратегічно важливим є утримання існуючих потужностей припортових вузлів та їх розвиток на перспективу у контексті збереження й подальшого нарощування міжнародних торговельних зв'язків України, її транспортного потенціалу, конкурентоспроможності залізниці серед інших видів транспорту та посідання належного місця України у світовому рейтингу з економічної діяльності. Усе перелічене вимагає розробки і впровадження низки нових технічних, проектно-технологічних та організаційних рішень.

#### Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 22.09.2024 р.).

УДК 621.391

**ШТОМПЕЛЬ М.А.**, *д.т.н.*,  
**ПРИХОДЬКО С.І.**, *д.т.н.* (*УкрДУЗТ*),  
**Thierry Horsin**, *Professor (Math.)* (*Conservatoire national des arts et métiers*)

#### ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Сучасний розвиток електронних комунікацій передбачає впровадження новітніх технологій з метою підвищення якості надання послуг, зниження вартості витрат на мережеву інфраструктуру та удосконалення процедур технічної експлуатації та обслуговування мережевих засобів. Проведений аналіз показав, що технології віртуалізації відіграють важливу роль у вирішенні представлених задач у галузі електронних комунікацій, зокрема, в умовах мережевої інфраструктури залізничного транспорту [1 – 3].

У роботі представлено різновиди технологій віртуалізації, проаналізовано особливості їх застосування та технічної реалізації при впровадженні на залізничному транспорті. Визначено підходи до віртуалізації обраних мережевих функцій, що доцільно реалізувати на

різних рівнях мережевої інфраструктури залізниць України: транспортній мережі, мережах доступу, мереж центрів обробки даних тощо.

Розроблено модель сегменту мережевої інфраструктури залізничного транспорту для дослідження запропонованих технічних рішень щодо віртуалізації мереж, визначення ключових характеристик даного підходу та розроблення практичних рекомендацій.

#### Список використаних джерел

1. Воробієнко, П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К., 2010. – 708 с.
2. Cox, Jacob H. Advancing Software-Defined Networks: A Survey / Jacob H. Cox, Joaquin Chung, Sean Donovan, Jared Ivey, Russell J. Clark, George Riley, Henry L. Owen // Access IEEE. – 2017. – Vol. 5. – P. 25487-25526.
3. Заїка, В.Ф. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління / В.Ф. Заїка, О.Г. Варфоломєєва, К.О. Домрачева, Г.О. Гринкевич. – К., 2019. – 315 с.

УДК 621.391

ШТОМПЕЛЬ М.А., *д.т.н. (УкрДУЗТ)*

#### БІОІНСПІРОВАНЕ ДЕКОДУВАННЯ ПОЛЯРНИХ КОДІВ

Перехід до новітніх радіотехнологій вимагає забезпечення високих показників енергетичної ефективності, швидкості передавання даних та захисту інформації [1]. Застосування завадостійких кодів лежить в основі багатьох сучасних телекомунікаційних технологій, що спрямовано на вирішення таких проблем як робота у складній завадовій обстановці, зниження енергетичних витрат радіозасобів тощо. Полярні коди є перспективним класом лінійних завадостійких кодів, вони мають гарні корегувальні властивості та прості процедури побудови породжувальної (перевірочної) матриці, але задача ефективного декодування даних кодів залишається не вирішеною [2, 3].

У роботі проаналізовано наявні методи декодування полярних кодів, визначено їх слабкі сторони та шляху удосконалення ефективності декодування. З урахуванням отриманих результатів, представлено біоінспірований підхід до декодування даних кодів та визначено особливості реалізації основних етапів декодування. Також було розроблено програмну реалізацію запропонованого методу декодування з використанням обраної

біоінспірованої процедури пошукової оптимізації. За результатами проведених досліджень визначено, що енергетична ефективність біоінспірованого декодування полярних кодів у каналі з адитивним білим гаусовим шумом перевищує обрані для порівняння методи декодування та має прийнятну обчислювальну складність. Таким чином, застосування даного методу декодування є доцільним при впровадженні новітніх радіотехнологій, що використовують полярні коди у якості механізму завадостійкого кодування.

#### Список використаних джерел

1. Saad, W. A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems / W. Saad, M. Bennis, and M. Chen // IEEE Network. – 2020. – Volume 4, Issue 3. – P. 134–142.
2. Ryan W., Lin S. Channel codes: Classical and modern. Cambridge University Press, 2009. – 692 p.
3. Tal, I. List Decoding of Polar Codes / I. Tal, A. Vardy // IEEE Transactions on Information Theory. – 2015. – Vol. 61, № 5. – P. 2213 – 2226.

УДК 621.396.2

*Syvolovskyi I.M., PhD student  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*  
*Zhuchenko O.S., PhD. Associate Professor  
Ukrainian State University of Railway Transport,  
Kharkiv*  
*Sarapin R.O., Servicemen  
Military unit A7223*

#### METHODS TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF DISTRIBUTED TELECOMMUNICATION SYSTEMS BY CHANGING THEIR ARCHITECTURE

Currently, Internet of Things systems are among the most complex to design, due to the large number of client devices and the even greater amount of data they generate. The data generated by the devices have no value on their own - the main task of any system is to process them by structuring, cleaning, analysis, etc.

As long as the system processes numerical or textual data, the traditional approach using the cloud is suitable for any load, albeit with high latency. But when the system needs to process multimedia data (audio and video), the resource requirements increase significantly. Nowadays, with the development of artificial intelligence algorithms, media processing has begun to include their active use, for example, pattern recognition. However, the use of these algorithms imposes additional resource requirements - some algorithms can get a significant performance boost when running on hardware-accelerated processors or video cards. Also, such systems may have increased requirements for data

processing delays, for example, in video surveillance, which makes the cloud-based approach inefficient.

To solve such problems, the Fog Computing paradigm was previously developed, which introduces additional layers of computing nodes between the cloud and the client device. Using this paradigm, it becomes possible to transfer part of the computation to intermediate layers, which reduces the latency relative to client devices and, accordingly, to obtain data processing results faster at each stage.

Given the growing popularity of this paradigm, researchers have begun to develop specific cases of its application in various fields, creating additional or specialized layers and forming clusters of nodes. In the context of video stream processing, this paradigm can be easily applied - a separate layer of computing nodes is allocated for each processing stage, with hardware characteristics that can effectively perform the designated type of task [1].

The stages of video stream processing in video surveillance include: preprocessing, segmentation, feature extraction, and classification. These stages show that the further the processing is carried out, the more the hardware requirements of the nodes increase, but at the same time, the cardinality of the data decreases - at each stage, the node transmits only the results of its processing and a small part of the original data (for example, key frames). In terms of network capacity, nodes in later stages can receive processing results from more nodes than nodes in the previous stage. Also, it can be noted that nodes from later stages can perform tasks from earlier stages, although this is a less efficient use of resources, as simple tasks are more efficiently distributed to weaker nodes.

These statements lead to the conclusion that the exclusive use of nodes for a specific type of task is inefficient, because in the event of load surges or failures, other nodes may not be able to compensate for the lack of resources due to the conceptual limitations of the system.

New research addresses this situation in the context of the 'service placement problem', where a service is a container or application that can perform one type of task. Several such services can be placed on a node, and processing optimizations include moving services to other nodes to reduce latency, which is reduced to performing tasks on graphs [2].

Given that this approach does not clearly divide nodes into layers, and large systems can have tens of thousands of computing nodes, nodes should be grouped into sets defined by some attribute, i.e., into clusters or 'communities' [3]. At the same time, the efficiency of the system directly depends on the principle by which clusters are created and rebuilt and under what conditions a task is delegated to another cluster.

At the moment, various methods have been used to

solve the problem of cluster formation: from linear programming to Markov chains and genetic algorithms. However, some of the work using these methods takes latency and bandwidth between nodes as the main parameters, expecting that any service can be moved to optimize the architecture. However, this concept is incorrect from a practical point of view, since not every node can perform the service tasks due to its hardware characteristics.

Also, when performing tasks on graphs, it is assumed that the distance matrix has already been built, although in a distributed system, each node may not be aware of all other nodes in the system if there is no SDN or master node to which other nodes are concentrated. On the other hand, their presence is the 'single point of failure' of the system, even if this component can be dynamically redistributed during operation.

Thus, there is a need to develop a method for clustering nodes of a distributed telecommunication system that:

- creates an architecture without a single point of failure and can be initialized from any node;
  - contains an algorithm for scanning the network of computing nodes to find the distance matrix;
- when creating clusters, it seeks to optimize delays in data processing chains, taking into account the sets of tasks that can be effectively performed by the nodes.

#### References

1. Neto A.R. (2021). Edge-distributed Stream Processing for Video Analytics in Smart City Applications, DOI: 10.13140/RG.2.2.10968.57604.
2. Lera I., Guerrero C., Juiz C. (2019). Availability-Aware Service Placement Policy in Fog Computing Based on Graph Partitions. IEEE Internet of Things Journal, vol.6, no.2, pp.3641-3651. DOI: 10.1109/IJOT.2018.2889511.
3. Skarlat O., Nardelli M., Schulte S. (2017). Optimized IoT service placement in the fog. SOCA 11, pp. 427-443. DOI: 10.1007/s11761-017-0219-8.

УДК: 658.7:656.073(100+477)

*К.т.н, доцент Колісник А.В.*

*Аспірант Шнек Т.В.*

#### РОЛЬ ЛОГІСТИЧНИХ ХАБІВ В СИСТЕМІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Концепція логістичних хабів на сьогодні стає невід'ємною частиною організації мультимодальних перевезень. Такі транспортні вузли поєднують в собі всі види транспорту для зручності транспортування вантажів декількома видами транспорту. Логістичний хаб — це велика територія, на якій виконується увесь комплекс операцій з обробки вантажів. Деякі логістичні хаби Європи здатні обробляти більше 1 мільйона TEU. Один

логістичний хаб може займати територію площею більше 1 мільйона квадратних метрів. Будівництво великих логістичних центрів — тенденція, що отримала популярність у багатьох країнах світу. Одним з найбільших і найновіших центрів транспортної логістики Європи є [порт DHL у місті Лейпциг](#), який оснащений новітніми інтелектуальними системами, що дають змогу безперебійно організувати процес транспортування вантажу в різні точки світу. В Україні прикладом такого масштабного транспортного вузла є «Сухий порт» в Одесі. «Сухий порт» дає змогу доставляти вантажі з виокремлення декількох видів транспорту — морським, автомобільним і залізничним. На території логістичного центру знаходяться склади для зберігання контейнерів, транзитна площадка, склад тимчасового зберігання, комплекс для оброблення [збірних вантажів](#), та інші приміщення. Поруч знаходиться Одеський порт. На сьогодні актуальним питанням є удосконалення систем управління між такими логістичними центрами з невеликими залізничними термінальними станціями в межах використання залізничного транспорту для безперебійного процесу транспортування вантажів від вантажовідправника до вантажоодержувача в системі мультимодальних перевезень.

**Список використаних джерел:**

[1] Do users' characteristics really influence the perceived service quality of Multimodal Transportation Hub (MMTH)? An association rules mining approach. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772586323000011>

## СПИСОК АВТОРІВ

## A-Z

Antonov A.	10
Baulina H.	10
Bershov V.S	51
Butko T	3
Hordiienko D. A.	36
Koretskiy	10
Komar O.M.	53
Kharchenko I.V.	4
Lazariev V.	5
Lazarieva O.	5
Lysechko V.	4,55
Mezitis M.	21
Nerubatskiy V.P.	36
Pavlusenko K	5
Pastushenko V.	55
Petrenko T	5,7
Perets K.	54
Romanenkov Yu	44
Sadovnykov B.	80
Soproniuk I.I.	55
Svitenko H	44
Shubina G.V.	53
Veklych O. K.	53
Zadorozhnyi A	7
Zhuchenko O.S	51,54,80,96
Zbigniew Łukasik	25
Yashchuk Yu	3
Yerin D	10
Syvolovskiy I.M.	96
Sarapin R.O.	96

## A

Афанасов Г.М.	91
Афанасова О.Ф	91

## Б

Бантюков С.Є.	1
Бантюкова С.О.	1
Бауліна Г.С.	40
Богомазова Г.Є.	40,56
Борисенко О. С.	12
Бондаренко В.В.	41
Боженко А.А.	61
Буряк С.Ю.	12
Бриксін В.О.	11
Бугенко Т.В.	21
Бунчуков О.А.	82
Бутенко В.М.	12,13,14
Бібік С.І.	71
Біла К.І.	71

## В

Власенко О.В.	61
Волков О.В.	47
Воронько Д.Є.	56

## Г

Гаєвський В.В.	15
Галкін А.С.	33
Геворкян Е. С	38
Гордієнко Д. А.	14
Головко О. В	12
Голубєва Л. Є.	79
Гриценко Н.В.	2,83
Гололобова О.О.	12
Горобченко О.М.	18
Грунський Д.О.	57

## Д

Давиденко О.Ю.	57
Дерев'янчук Я.В.	41
Дейнега Т.С	74
Доценко С.І.	19
Дудка С.Ю.	94

## Є

Єлізаренко А.О.	74
Єлізаренко І.О.	74

## Ж

Жуков А.М.	59
------------	----

## З

Зав'ялова М.Д.	49
Зарицький А.М.	11
Заїка Д.О.	18
Зайченко Н.С.	36
Зайченко О.Б.	36
Земськов М.В.	45,60
Золотарьов С.А.	64
Змій С.О.	8,68,75,76

## І

Іванюк О.І.	20
Ігнацевич В. В	12
Індик С. В.	84

## К

Кабин Р. М.	73
Калашнікова Т.Ю.	39
Каргін А.О.	23,27,58
Калабухін Ю.Є.	22
Калюта Ю.В.	15
Кашпур А. П.	13
Ковтун І.В.	21,25
Ковальов А.О.	50,62,63
Ковальов О.В.	62
Ковальов Д.Д.	23
Ковальова А.С.	61
Козодой Д.С.	83
Колінько В.М.	86
Кривуля Г.Ф.	26,34
Кравченко М.А.	64
Крошенко Д.О.	27
Кустов В.Ф.	48
Кузьменко Р.С.	27
Кулешов В.В.	65
Кульбовський І.І.	18
Курганевич Т.М.	69
Куценко Д.О.	60
Киман А.М.	62
Колісник А.В.	96

## Л

Лагута О. В.	28
Лагута В. В.	28,29
Лазарева Н.М.	30
Лазарев О.В.	30
Ловська А.О.	32
Ломотько Д.В.	23,35,59,91
Ломотько М.Д.	33
Лоза В.М.	70
Лукін О.О.	69
Лисицький М.Ю.	56

## М

Марченко В.І.	26,34
Мартинець В.Г.	65
Манівчук В.В.	42
Малахова А.О.	86
Мацієвський Б.В.	50
Мойсеєнко В.І.	22
Мазіашвілі А.Р.	85
Музикін М.І.	71

## Н

Неведров О.В.	18
Нерубацький В. П.	38
Нестеренко О.О.	35
Нестеренко Г.І.	71
Новіков О.В.	64
Нор Д.І.	19

## О

Орловська О.В.	67
----------------	----

## П

Панченко С.В.	32
Пархоменко Л.О.	39
Пащенко Г.С.	90
Продащук С.М.	40
Продащук М.В.	40
Пелех В.Р.	82
Петрик С.В.	90
Прокопенко Д.Ю.	63
Прохоров В.М.	39
Прохорченко Г.О.	69
Прохорченко Ю.В.	62
Прохорченко А.В.	8,49,62
Прилипко А.А.	68
Примаченко Г.О.	90
Приходько С.І.	95
Попов М.Д.	89
Писаревський О.С.	65
Пусан А.М.	42

## Р

Равлюк В.Г.	41
Рева С. В.	77
Романенков Ю.О.	42
Рукавішников П.В.	32
Рибальченко Л.І.	70

## С

Сагайдачний В.Г.	82
Семененко О.І.	45
Семененко Ю.О.	45
Семенова Ю.В.	60
Семикрас А.І.	76
Сумцов А.Л.	22,47
Ситнік Б.Т.	56
Сіроклин І.М.	9
Сіконенко Г.М.	27,89
Сіроклин І.М.	76
Сотник В.О.	9

## Т

Тимошенко Л.С.	29
Торгонський А.В.	58
Ткачов Я.В.	61
Трубчанінова К.А.	21,25

## Ф

Федик М.Д.	92
------------	----



Х

---

Харченко Д.Р.	8
Харламов П.О.	69,92
Харламова О.М.	69,92
Хісматулін В.Ш.	82

Ч

---

Чичин. Є. В.	13
Чоба В.Ю	75

Ш

---

Шандер О.Е.	60,60,61
Шакін Р.С.	89
Шаповал Г.В.	94
Швидкий О.О.	79
Шевченко В.І.	50
Щебликіна О. В	73,77,79
Шелехань Г.І.	94
Шульдінер Ю.В.	90
Штомпель М.А	95,95
Шпек Т.В	96