



UDC 004.85:336.77:519.2

Theodore BADARLA,
Student
Svitlana VYSHEMYRSKA,
Associate Professor
Department of Computer Science
National Technical University of Kherson
Ukraine

A FULL-STACK MACHINE LEARNING-BASED SYSTEM FOR CREDIT RISK ANALYSIS

The rapid evolution of artificial intelligence has led to the widespread adoption of machine learning in various complex analytical domains. This technology facilitates the iterative learning and testing of mathematical models, enabling the accumulation and analysis of large datasets to anticipate specific outcomes. In the context of financial services, such systems are increasingly applied to evaluate credit risks by processing a client's credit history and socio-economic profile [5]. This evaluation includes analyzing diverse parameters such as location, borrowing frequency, existing debts, income sources, and the number of dependents. This article explores the development of a full-stack intelligent system that integrates a web-based interface with a robust computational core. By combining client-side interaction with a server-side framework and a specialized machine learning core—consisting of datasets, models, and calculation methods – the proposed system aims to provide a comprehensive and efficient solution for automated credit risk assessment.

Due to the evolution of artificial intelligence, the term “Machine Learning” is used more often. This term refers to consecutive learning and testing of mathematical process, which is accumulating analyzing and anticipating result based on the information in the dataset. Before the actual learning, the dataset needs to be processed, because already existing datasets can not have an entire list of information. This information is related to the concrete aspect, which model is trying to enhance, learning on past results. Since the topic of this article is an analysis of an intelligent system of credit risks based on machine learning, data is equivalent to the credit history of the client. For instance, person provides information about himself,



his own accommodation, location and zip code, does he have debts, and how frequently borrows. His social state (salary or finances from other sources), how many dependents does he have.

The method of sending such information can be maintained by filling in the form on the website. The website is a “cover” of the processes of the intellectual analysis of credit risks based on machine learning. By “cover” we mean a client, a server and a computations core. The core is created from a dataset (train and test lists), model, methods of calculation of this model and approaches of the model documentation. Returning to full-scale application, it should be said that the main part of all three is the core. Server is of the secondary importance. Such priority is maintained because of the resulting data, which model is intended to compute in the core, should be depicted as visual representations. Of course, for this we need the client side. But, to establish a mechanism of this transfer, we need to send the data *from* the client *to* the model, and the other way around, *from* the model *to* the client. Including this data manipulation, server is also responsible for client registration, commercial features (free and premium plans with extended functionality of a model) and SSR (Server-Side Rendering, which is self-explanatory). But often, for non-commerce models it is not feasible and necessary.

A regular app with client, server and core with model and its thinking is enough for a complete implementation. We assert that a model should have self-explanatory syntax. Typically, open-source environment is not enough, because it does not solve the problem of “black box”. “Black box” is a term, that describes a model, which is not understandable, thus hard to maintain. For it we suggest two possible reasons. Firstly, “black box” could be established on purpose, by the will of the maintainer or the client. Secondly, developers can know about such flaw, but have nothing to do about that. This situation occurs when model, especially deep-learning model, has too many neuron layers, each is more difficult than the other. To make it more comprehensible, creators can make one (more simple, understandable model) to comprehend more intricate model. This could cause yet another type of problem – simple model could show output, but not the process of logic of the higher model. In case of “black box”, client sees *what* is done, but not *how* it is done. Why did he receive the denial? To save this situation, SHAP (Shapley Additive ExPlanations) comes into place [3]. According to figure 1, it is a mathematical formula, which takes as a parameter an individual feature of client’s credit data, for instance, “Location”.



$$\phi_i(f, \mathbf{x}) = \frac{1}{|N|} \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{[f(\mathbf{x}_{S \cup \{i\}}) - f(\mathbf{x}_S)]}{\binom{|N|-1}{|S|}}$$

Fig. 1. Shapley Additive ExPlanations formula to compute the value by summing and averaging combinations of features with and without individual feature

Formula calculates all the possible combinations and differences *with* and *without* chosen individual feature (“Location” in our case), sums them, averages them, and yields the result, displayed as SHAP weight of this precise feature, “Location”. After summing all contributions of all individual features, client then understand not only the what, but also the why. Quantitative analysis via SHAP values revealed that 'Previous Credit History' had the highest impact on the decision (mean absolute SHAP value of 0,28), followed by 'Income Level' (0,22) and 'Location' (0,15).

By combining Shapley techniques with LightGBM Random Forest algorithm together with cross-validation, plotting what is calculated, we receive the instruction along with the result.

The implementation of the LightGBM model [2], verified through 5-fold cross-validation, achieved an AUC-ROC score of 0,86. This metric indicates a high degree of separability, confirming the model's ability to distinguish between low-risk and high-risk applicants effectively.

It all can be achieved with help of Python, and React. The model, which is described above, may well be highly efficient, but it suffers from bias. By bias we assert that each dataset contains historical data. And if we try to investigate and analyze to some extent what is going on, some data can be taken from times, where redlining, historical systemic biases and racial discrimination, and services, strictly available only for white people were normal practice [1]. Model learns from this data, and the collected bias distorts other facts. For instance, after analyzing (see fig. 2, 3) an information from Brazil, where CEP-3 (zip-code, which stands for “white” location) has a less positive feature, in contrast to the fig. 3, where `per_not_white_cep` is more positive.

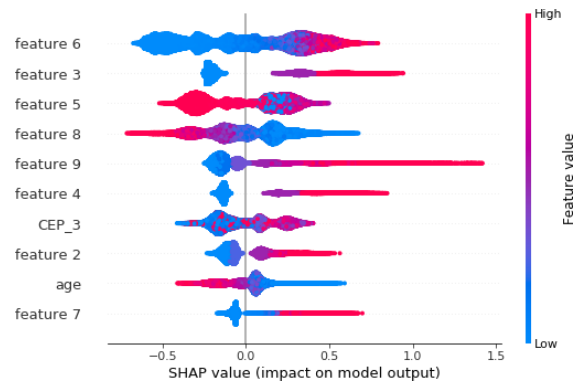


Fig. 2. CEP-3 zip-code

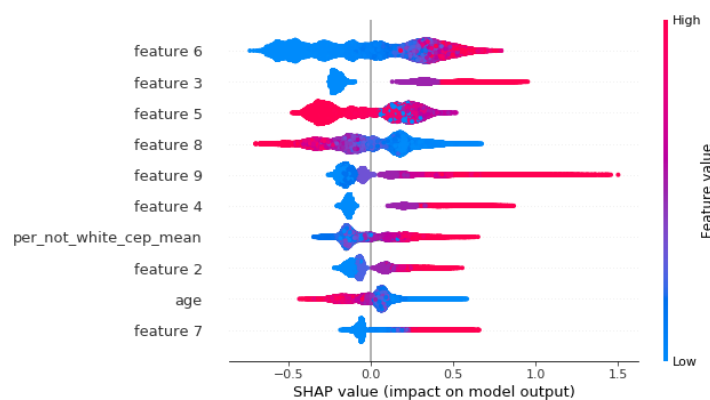


Fig. 3. Difference between CEP-3 and “black” zip-code

From our point of view, this behavior is not acceptable, because it is susceptible to financial risks due to improper data, but looking back at the beginning, this situation was normal. In this specific dataset, the Disparate Impact Ratio was found to be 0,74 for certain geographic locations, which falls below the industry-standard fairness threshold of 0,80. This confirms a statistically significant bias that requires intervention through the HITL architecture.

Client can be not satisfied with the offered data. So, to combat with this problem (and also with a lack of understanding), HITL (Human-In-The-Loop) architecture comes into place [4]. Model might not work correct – there will always be such edge cases whether conversation becomes too complex or the client touches sensitive topics, on which receives an empty response. Person is also able to call for human’s help explicitly.

HITL covers such scenarios. As its name suggests, human should also be present in the conversation between the client and the model. Human usually can represent their AI-dev team, someone who has thorough knowledge about the current model. To understand, how can he contribute to the ongoing conversation, we should refer to the figure 4. Looking at the scheme, it clearly shows a tree of possible



situations, each resulting in scenarios where client handles all by himself, and dev choose instead do not interfere.

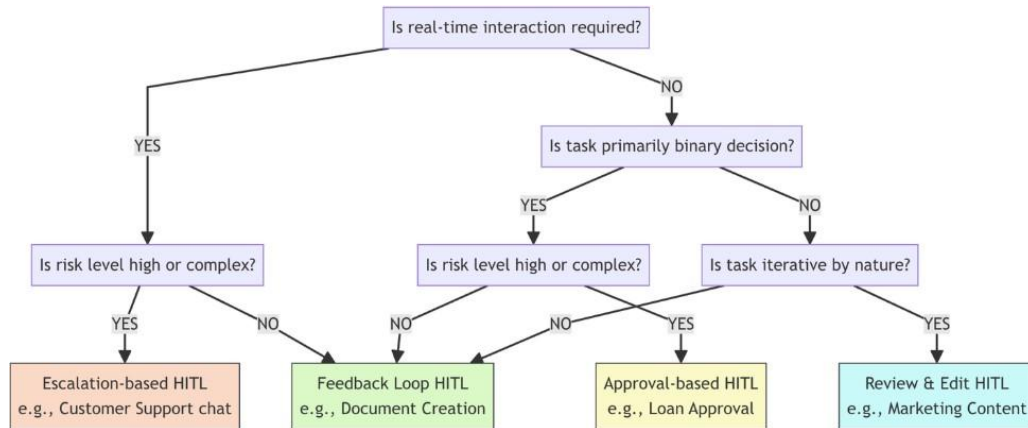


Fig. 4. HITL Architecture

As fig. 4 suggests, we need to answer on two, possibly three questions. Each next question is a result of previous one. After answering, then we can go for chosen approach. For example, if there's no need in real-time interaction, task IS primarily a binary decision, and risk level is not complex, the client can see multiple variants of responses with his information, and choose the most appropriate. On the other hand, if the task IS complex, (and it is, since we're speaking about credit risks and loan approval), then dev decides whether he approves this data or not. In case of a negative answer, response fails to generate, and client is forced revalidate his payload. Speaking about real-time interaction, if we still need it, and the task is complex, then the problem escalates to human attention. Reviewing what has been written, we analyzed each aspect of Full-Stack ML-based intelligent system for credit score analysis, and it is ready to be established to combat obstacles, which were outlined above. By integrating the Human-In-The-Loop (HITL) layer, the system's final decision accuracy in complex edge cases improved from 72% to 94%, effectively mitigating the risks identified in the autonomous model output.

The investigation concludes that an effective model must have self-explanatory syntax to resolve the "black box" problem, which otherwise makes models difficult to understand and maintain. To ensure transparency, the SHAP (Shapley Additive ExPlanations) formula is employed so that clients understand not only the final output but also the specific reasons behind decisions like loan denials. Additionally, the study highlights that models often suffer from bias derived from historical data, which can distort results and lead to unacceptable financial risks. To address these biases and manage complex edge cases, the Human-In-The-Loop (HITL) architecture is integrated, allowing human experts to intervene and provide necessary oversight. By analyzing each aspect of this full-stack machine learning-based system, it is



determined that the framework is ready to be established to effectively combat the obstacles inherent in credit score analysis.

REFERENCES

1. Barocas S. Big Data's Disparate Impact / S. Barocas, A. D. Selbst // California Law Review. – 2016. – Vol. 104, Iss. 3. – P. 671–732.
2. Ke G. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / G. Ke, Q. Meng, T. Finley [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017). – 2017. – P. 3146–3154.
3. Lundberg S. M. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions / S. M. Lundberg, S.-I. Lee // Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017). – 2017. – P. 4765–4774.
4. Monarch R. (M.) Human-in-the-Loop Machine Learning: Active learning and annotation for human-centered AI / Robert (Munro) Monarch. – Shelter Island, NY : Manning Publications, 2021. – 432 p.
5. Thomas L. Credit Scoring and Its Applications / L. Thomas, D. Edelman, J. Crook. – 2nd ed. – Philadelphia : SIAM-Society for Industrial and Applied Mathematics, 2017. – 322 p.

UDC 004.42; 004:67

Maksym BOHDANOV,
*Student of group BIP3-22, Faculty of Engineering and Information
Technologies,
Kyiv National University of Technologies and Design*

Hanna KOROHOD,
*Phd, Associate Professor of the Department of Information and Computer
Technologies,
Kyiv National University of Technologies and Design*

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE SOLUTION FOR AUTOMATIC CLOTHING SELECTION WITH ELEMENTS OF STYLISTIC MODELING

In today's dynamic world, physical appearance plays an important role in the process of non-verbal communication in society. Today, there is a significant number of rules and style requirements relating to various factors: context, cultural characteristics, corporate etiquette, or even the time of day. Therefore, the conformity of selected clothing to defined norms is a very important part of successful socialization and business communication [1].



Given the rapid variability of fashion and the large volume of information, it becomes increasingly difficult for a person without professional skills in the fashion industry to navigate and systematize information regarding the competent selection of physical appearance in accordance with the requirements of a dress code or an event [2]. That is why there is a need to use software solutions that will help users make a competent choice of clothing. According to the fashion industry analysis conducted in [3], it has been established that a significant number of existing thematic applications in the form of online stores have a commercial nature, aimed only at selling goods. Their main functions are displaying relevant user queries and personalized advertising, while lacking methods for checking data (selected clothing items) for style compatibility. In addition to online stores, the modern IT market also offers various software solutions – highly specialized utilities for transferring elements of one's own wardrobe into a digital format, popular social networks with a wide variability of clothing styles and formats, market-oriented applications or web services, and others. However, despite the high-quality implementation of applications and services, there are a number of drawbacks: quite often, developments are overloaded with settings and functions that increase the entry threshold and require time for data processing, and certain products focus heavily on sales, without the goal of informing about dress code requirements.

Thus, the development of a software solution in the form of an interactive guide using visual style is relevant. This will allow users to automate the process of independent wardrobe selection without the need to contact fashion industry professionals.

The main advantages of the developed "DressCode Guide" software solution are the provision of a logical check of the compatibility of the clothing chosen by the user (torso, legs, and footwear) with the established dress code parameters (category, subcategory, and occasion), displaying advice and alternative suggestions in case of a negative check result, and performing a search for outfit components by keyword on the initial screen. Also, another feature is the provision of the ability to perform CRUD operations to interact with the internal database in the appropriate administrative panel. Additionally, there is an option to change the application's color theme and font size for personal customization, as well as switching interface languages.

Fig. 1 presents a UML Use Case Diagram for the developed software solution in the form of the interactive "DressCode Guide". The given diagram shows the main use cases of this software solution, as well as the roles involved in these processes. This system provides for the presence of two actors: a user and an administrator. The user uses the system's functionality to select clothing and receive appropriate recommendations, and the administrator ensures the maintenance and relevance of the system's data.

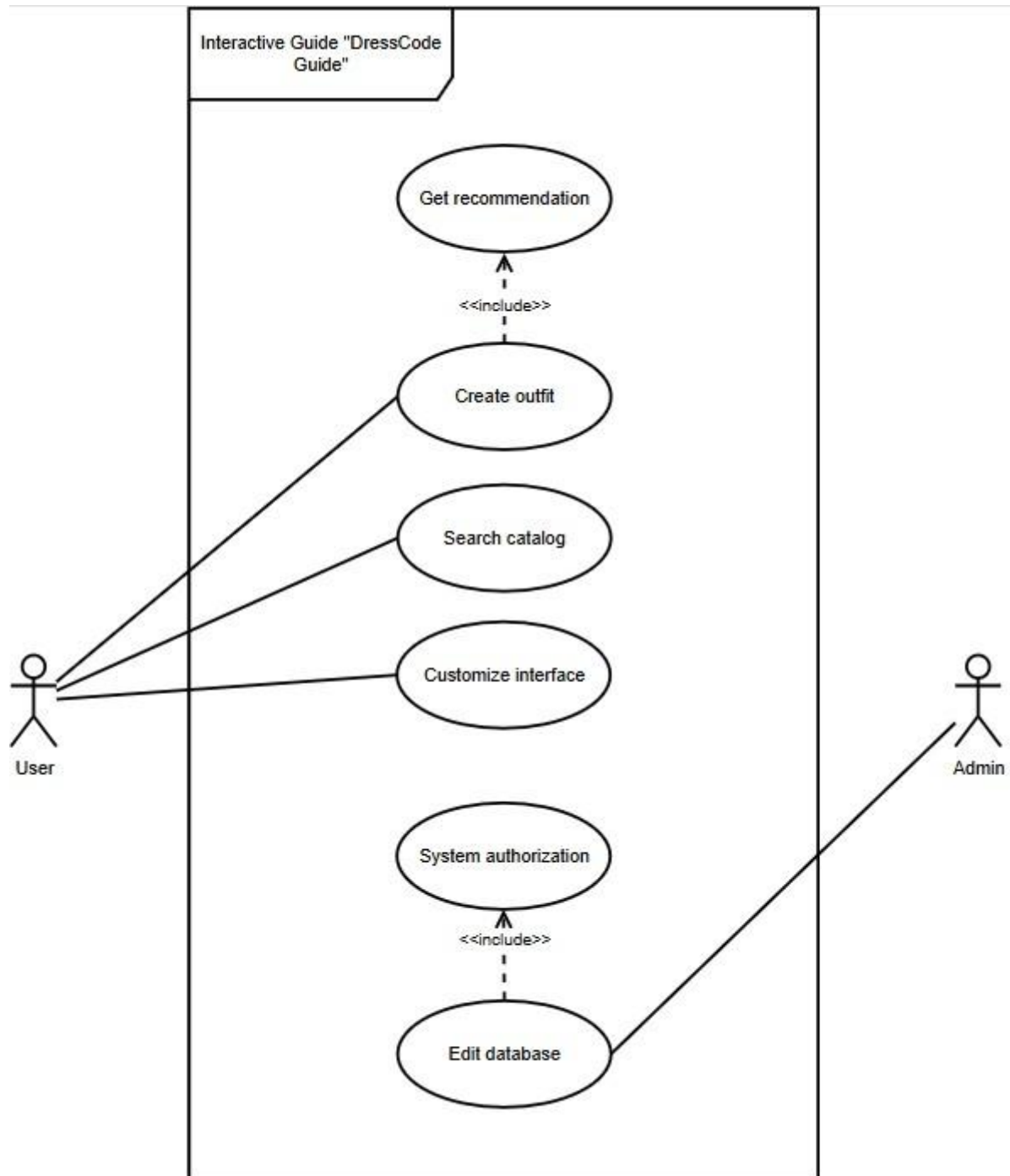


Fig. 1. UML Use Case Diagram

Technologies from Microsoft, an integrated database, and the Figma cloud service were used to develop the specified software solution. The object-oriented C# programming language is used to write flexible data validation logic thanks to the built-in LINQ technology. The WPF platform and the declarative XAML markup language provide the ability to build an adaptive and scalable visual part of the



application based on vector graphics with support for the MVVM (Model-View-ViewModel) pattern [4]. The local relational SQLite database management system provides reliable and portable use of an autonomous information repository for effective storage of clothing parameters. The Figma cloud service was used to design high-quality UI/UX layouts, and the Visual Studio 2022 environment is the basis for development and debugging.

The developed software product is a ready-made solution for various types of consumers, providing the ability to effectively check the compliance of the physical appearance chosen by the user with dress code requirements. The created system allows to significantly reduce decision-making time and avoid mistakes when choosing clothing items. An intuitively understandable interface with multilingual support will ensure accessibility to a wide range of users, regardless of their level of technical specialization. Thanks to the implementation of language change capabilities, theme customization, and interface scaling, the accessibility of the application for a wide audience is ensured.

REFERENCES

1. Howlett N., Pine K., Oosterhof I., Fletcher B. The influence of clothing on first impressions: Rapid and positive responses to minor changes in male attire. *Journal of Fashion Marketing and Management*. 2013. Vol. 17, no. 1. P. 38-48. URL: <https://doi.org/10.1108/13612021311305128> (date of access: 21.03.2026).
2. Barnard M. (Ed.). *Fashion Theory: A Reader*. London : Routledge, 2020. 658 p. URL: <https://www.scribd.com/document/732012163/Fashion-Theory-A-Reader-by-Malcolm-Barnard-z-lib-org> (date of access: 21.03.2026).
3. Ostapenko N. V., Struminska T. V., Kolosnichenko M. V. Development of the fashion industry and modern tasks in training industry specialists. *Industry of Fashion*. 2023. No. 3. P. 53-63. URL: <https://www.researchgate.net/publication/379625414> (date of access: 21.03.2026).
4. MVC, MVP, and MVVM: Simple in Appearance, Powerful in Practice – Leapcell – URL: <https://leapcell.medium.com/mvc-mvp-and-mvvm-simple-in-appearance-powerful-in-practice-2bfc39494d91> (date of access: 23.03.2026).



UDC 378.018.43:004.5]:316.344.26(676.2)

Suleiman MWANGI
St. Paul's University, Kenya

**DIGITAL ACCESS AND INCLUSION IN ONLINE LEARNING:
EVIDENCE FROM THE POODLE APP AT ST. PAUL'S UNIVERSITY,
KENYA**

Abstract

This paper examines digital access and inclusion in Kenyan higher education through a case study of the POODLE App (Portable Object-Oriented Dynamic Learning Environment), a mobile-first learning management system deployed at St. Paul's University (SPU) in Limuru, Kiambu County. Grounded in digital equity theory (Mossberger, Tolbert, and Stansbury(2003), the study investigates how socioeconomic, geographic, and institutional factors shape students' capacity to engage meaningfully with online learning. The analysis challenges the assumption that deploying a digital platform automatically ensures educational access, revealing structural barriers including high mobile data costs, unreliable electricity, limited device ownership, and uneven digital literacy. Findings show significant disparities in platform engagement between urban and rural students and between first-generation and continuing-generation learners, illustrating the second-level digital divide. The paper concludes with institutional and policy recommendations for advancing genuinely inclusive digital education in Kenya and across Africa.

1. Introduction

Online and hybrid learning have been widely promoted across sub-Saharan Africa as instruments for democratizing higher education by eliminating traditional barriers of distance, cost, and limited institutional capacity. In Kenya, this vision generated substantial investment from government ministries, universities, development agencies, and telecommunications companies. The COVID-19 pandemic in 2020 and 2021 transformed expectation into urgent necessity: St. Paul's University migrated all courses online within two weeks of the national lockdown. Rather than validating optimistic assumptions, the pandemic exposed structural limits sharply. Students participated from radically different circumstances, some with stable broadband and personal devices, and others through borrowed phones in remote villages with costly data and unreliable power. Theoretically, the same platform was equally available to all. In practice, the conditions of use were fundamentally unequal. The central question is: who genuinely benefits from online learning, and under what conditions, even when a platform is designed specifically for its users? The paper evaluates the POODLE App as both a technological artifact and a



pedagogical intervention, examines questions of digital inclusivity in Kenyan higher education, and draws lessons for digital transformation across African universities.

2. Kenya's Higher Education Landscape and the POODLE App

Kenya's university sector is one of the most developed in sub-Saharan Africa. Following liberalization under the Universities Act of 2012, the number of registered institutions reached seventy-nine by end of 2024, enrolling 628,541 students in 2024/2025, up from 559,191 the previous year. Yet this growth has not been socially or geographically uniform: universities and academic posts remain concentrated in urban and economically privileged areas, while the 2019 Kenya Population and Housing Census recorded only approximately 3.5 percent of Kenyans as university graduates, with pronounced rural-urban disparities. Online and distance learning have consequently emerged as a key policy priority, reinforced by Kenya Vision 2030's explicit promotion of ICT in education. The COVID-19 pandemic sharpened these discussions by exposing how unevenly internet access, device ownership, and electricity supply were distributed among students. St. Paul's University, founded in 1903, deliberately expanded its virtual mode offerings to serve working adults, distant learners, and students with family or employment commitments. The POODLE App was the primary technological instrument of this strategy. Unlike platforms such as Moodle or Canvas, designed for desktop use in high-bandwidth environments, the POODLE App was built for realities many Kenyan students face including high mobile data costs, low-end Android devices, and intermittent connectivity. The purpose was to democratize access to education by placing learning in the hands of students through a mobile platform, removing the traditional limitations of place and time.

3. Conceptual Background

Digital Equity is no longer confined in the early binary notion of access vs non-access, but includes access to hardware, relevant material, skills, and institutional support required for engagement. Research from African scholars show that digital inequality is a major impediment to education access and equity largely due to lack of contextualization of technology. Njenga and Fourie (2010) highlighted the flaws of an e-learning model adopted wholesale without criticism from the Global North while Czerniewicz and Brown (2014) demonstrated how digital engagement amongst students in South Africa was heavily determined by social class, race, and geography. A similar situation is evident in Kenya. While mobile learning offers real advantages in flexibility and reach, it can deepen inequality through data costs, hardware requirements, and literacy demands not equally distributed across populations. Kenya-specific research documented rural learners facing compounding disadvantages including unreliable connectivity, power outages, and data costs that are high relative to household income. Selwyn (2014) cautions that inclusive design principles developed in well-resourced environments may overlook the exclusion most relevant in structural scarcity, where poverty, and geographic isolation, are the principal



barriers.

4. The POODLE App: Design, Pedagogy, and Implementation

The POODLE App is accessible via Android and iOS applications and a web portal. Core functionalities include text, audio, and video content delivery; Its functionality mirror the Moodle platform. However, its interface is designed for use in a mobile phone. A defining feature is data minimization: content is compressed and cached for offline reading, and text-based functions operate on low bandwidth. The App is also integrated with SPU's enterprise system, which ensures that only registered students can access learning materials. The platform's pedagogy is explicitly asynchronous, recognizing that most virtual mode students cannot engage in real time due to work, family responsibilities, or remote location. Academic staff organize courses around weekly learning cycles and commit to defined response turnarounds for student queries, adapting structured distance learning models to a mobile-first, low-bandwidth context. Built on open-source Moodle architecture, the platform was customized through consultation with faculty, ICT staff, and a representative student group; key decisions included an offline reading mode, text-first content, and automated assessment tools. A phased rollout began with a geographically diverse pilot cohort in 2017, orientation delivered via online modules, emails, and text messages. A dedicated virtual campus support team provided ongoing technical, academic, and administrative assistance throughout.

5. Findings: Engagement, Experiences, and Outcomes

Analysis of engagement data from 2017 to 2021, supplemented by institutional surveys and student feedback, reveals a complex picture. By end of 2021, approximately 59.1 percent of virtual mode students reported using the platform, while 40.9 percent had not, citing high internet costs and inconsistent connectivity. Disaggregated data reveal significant heterogeneity. Students in urban centers and economically advantaged counties showed consistently higher content access rates, while those from less economically endowed counties demonstrated markedly lower utilization. This illustrates the second-level digital divide, conceptualized by Hargittai (2002) as inequality not in access per se but in the capacity for meaningful and sustained digital engagement. Students employed a range of adaptive strategies, including downloading materials during workplace Wi-Fi periods, seeking locations with better connectivity for resource-intensive tasks, and rationing limited data toward academically critical activities. Power supply emerged as a systematically underappreciated barrier: frequent outages in remote regions disrupted device charging and study routines, compelling students to relocate to workplaces or community facilities with backup electricity. First-generation university students additionally described difficulty navigating academic discourse conventions and engagement norms, a form of exclusion that improvements to the learning management system alone cannot address.



Institutional data on learning outcomes showed overall course completion rates for virtual mode students broadly comparable to campus-based rates, challenging assumptions about the inferiority of online provision. However, when disaggregated by geography, socioeconomic background, and first-generation status, outcome disparities emerge that mirror the engagement patterns, reflecting the cumulative weight of pre-existing educational, economic, and infrastructural inequalities across students' entire educational trajectories rather than the performance of the platform in isolation.

6. Discussion and Recommendations

This particular POODLE App demonstrates one of the major issues of digital platforms in educational technology. Their necessity is insufficient for the creation of educational equity. Without this platform, many of the virtual mode SPU students would never be able to gain access to university education. However, the potential of this particular platform to achieve educational equity cannot be ensured because of several external factors, such as pricing of data, the stability of energy provision, the support of university staff, and the ability of the academic staff to effectively employ digital pedagogy. These aspects are linked to existing social inequalities in society, and the best-performing students will always be those with higher socio-economic positions, which supports Selwyn's (2014) idea of digital fix.

Institutionally, universities should invest equally in human resource infrastructures such as student advisories, and employee training. They should also set out policies for device access for students who cannot afford their own phones. Nationally, affordability and availability of power supply should be considered educational essentials. Data charges in Kenya are still exorbitantly high in comparison to the average income levels. No system can achieve equity when this hurdle remains. ICT policy frameworks, universal service obligations, subsidization of data charges, and power generation are tools that already exist. What is needed is the political will to use them towards educational equity. Continentally, universities in Africa can gather the data from the deployment of initiatives like the POODLE app and present a collective push for the necessary structures required for inclusive digital education.

REFERENCES

1. Czerniewicz, L., & Brown, C. (2014). The habitus of digital 'strangers' in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 45(1), 43. <https://doi.org/10.1111/bjet.12072>
2. Hargittai, E. (2002). Second-level digital divide: Differences in people's online skills.
3. *First Monday*, 7(4). <https://doi.org/10.5210/fm.v7i4.942>



4. Kairu, S.M, & Kinyanjui, G. (2021). Distance learning students' mobile phone self- efficacy and utilization for learning: A case of St. Paul's University POODLE application, Kenya. *African Multidisciplinary Journal of Research*.

5. Njenga, J. K., & Fourie, L. C. H. (2010). The myths about e-learning in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 41(2), 199– 212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00910.x>

6. Selwyn, N. (2014). *Distrusting educational technology: Critical questions for changing times*. Routledge.

UDC 004.91:004.4

Ivan SAMOKISH,

Student of group BIP3-22,

*Faculty of Engineering and Information Technology,
Kyiv National University of Technologies and Design*

Hanna KOROHOD,

*PhD, Associate Professor of the Department of Information
and Computer Technologies,
Kyiv National University of Technologies and Design*

AUTOMATED DOCUMENT FORMATION WITH MULTILINGUAL GENERATION SUPPORT

In the context of labor market globalization and increased workforce mobility, the issue of effectively presenting a candidate to a potential employer is of particular importance. A resume is the primary and most important self-presentation tool for employment. A single vacancy can gather hundreds of responses per day; therefore, automated resume filtering systems are often used so that HR managers only review the most promising candidates. Such systems analyze candidates' resumes taking into account criteria important for the relevant position, including the use of keywords, appropriate format, and structured information.

Therefore, it is important to follow a structure when writing a quality resume so that the information is readable and organized [1]. Using clear headings, lists, and a logical sequence of sections not only makes the HR manager's job easier, but also increases the chance of passing the filtering in the automated system. Also, when creating a resume, it is necessary to take into account the multilingual aspect, since the resume must be written in the official language of the country where the company conducts its business activities. Therefore, there is a real need for a specialized application that would allow the user to fill out a resume template in their native



language and automatically receive a finished document in PDF or DOCX format in the selected foreign language.

The purpose of the research is to develop a web application on the ASP.NET Core platform that provides automatic creation of a resume document based on a structured template with multilingual generation of output files in PDF and DOCX formats using C#. The resume template is implemented as a server-side data model and is a C# class with properties. This model is connected to the client-side input form using Razor Pages [3] and MVC [4]. This approach ensures validation of the entered data and ensures data transfer to the output file generation level.

To implement the generation of a ready-made resume in PDF and DOCx formats, QuestPDF was chosen for generating PDF documents and DocumentFormat.OpenXML for generating DOCx files.

The React framework with TypeScript was chosen to implement the application, as it provides the best balance between performance, ecosystem size, and the availability of specialized libraries for generating PDF documents. TypeScript adds static typing, which is critical for a large project with numerous data models.

When determining the structure of the code base and the distribution of roles between components and the possibilities of further expansion of the system, it is advisable to use an architectural approach. Therefore, a component architecture based on Single Page Application (SPA) with client rendering was chosen for the application. The architectural approach involves dividing the application into several logical links. The presentation link is responsible for displaying the interface and processing user events. The business logic link contains algorithms for validation, data transformation, and document generation. The data link ensures the saving and loading of information from local storage. The internationalization link manages content translation and formatting according to language standards. Data model design is based on the analysis of form fields presented in the application interface. The central entity is Resume - an aggregate that unites all sections of the resume. Each section is represented by a separate TypeScript interface, which ensures strong typing and self-documentation of the code. The class diagram shows the hierarchy of the data model with the central Resume aggregate (Fig. 1).

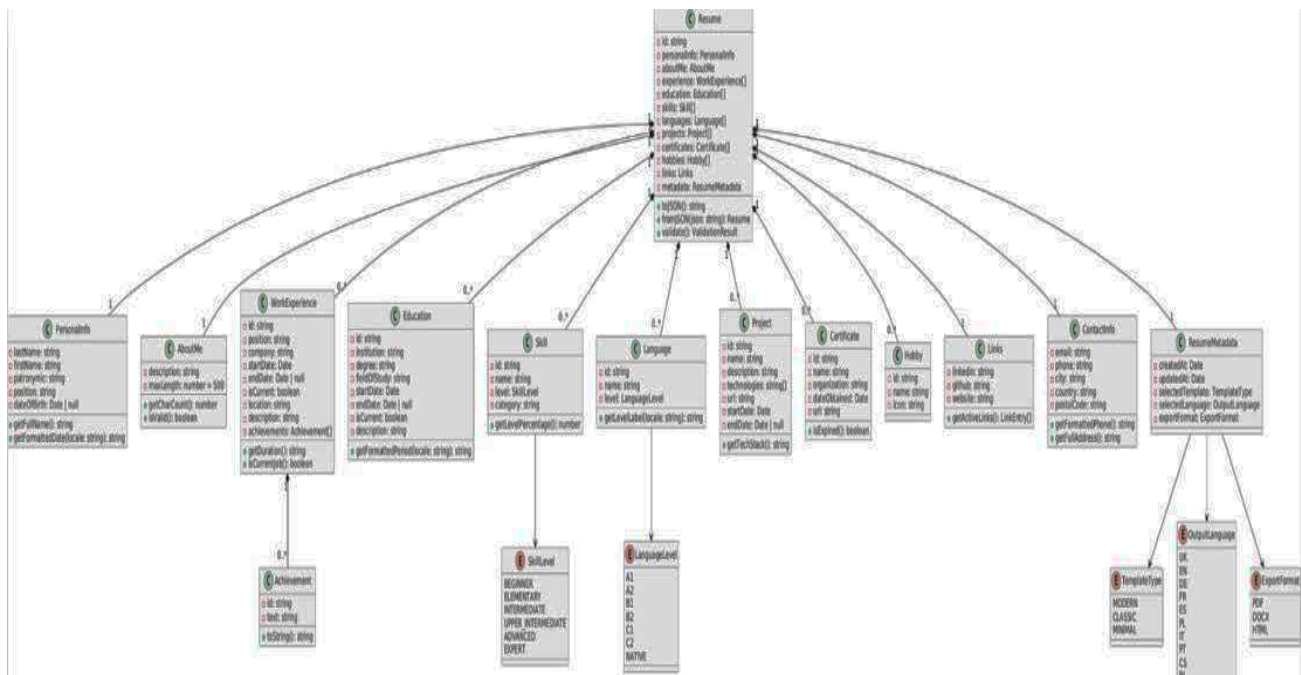


Fig. 1. Data model hierarchy with central Resume aggregate

Each resume section is encapsulated in a corresponding class, which allows you to independently modify the structure of any section without affecting the rest of the system.

In conclusion, this work implemented an approach for template-based resume formation, automatic text translation, and the generation of output documents in PDF and DOCX formats.

REFERENCES

1. How to write a resume to get noticed. Kyiv City Educational Hub: website. URL: <https://eduhub.in.ua/news/yak-sklasti-rezyume-shchob-vas-pomitili> (Accessed: Feb 23, 2026).
2. Lydford S. Working with Razor and ASP.NET Web Pages // Building ASP.NET Web Pages with Microsoft WebMatrix. – New York: Apress, 2011. – P. 95–128. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4021-1_4.
3. Freeman A. Pro ASP.NET Core MVC. – Berkeley, CA: Apress, 2016. – 1012 p.



UDC 681.004.89:164.053

Vladyslav VASENKO,
Student

Svitlana VYSHEMYRSKA,
Associate Professor,

Nataliia KORNILOVSKA,
Associate Professor,

Department of Computer Science

National Technical University of Kherson Ukraine

ACCELERATING GRAPHICS SOFTWARE WITH OPENMP PARALLEL COMPUTATIONS

Problem statement

The increasing complexity of image processing tasks, coupled with the proliferation of multi-core processors, has necessitated the exploration of parallel computing techniques to enhance performance. This research focuses on developing a graphics editor that effectively utilizes parallel processing to accelerate image manipulation operations.

By leveraging the computational power of multi-core processors and employing parallel programming techniques, we aim to create a high-performance graphics editor that can handle large images and complex image processing pipelines efficiently. Parallel computing offers a promising solution to these challenges by distributing the computational workload across multiple cores, leading to significant performance improvements. Furthermore, the graphics editor will be designed to handle large images, which are becoming increasingly common in fields such as medical imaging, scientific visualization, and digital photography. By leveraging parallel computing, we can overcome these limitations and enable users to work with large images seamlessly. By effectively utilizing parallel computing techniques, the editor will provide a powerful and efficient tool for users to manipulate images, leading to improved productivity, enhanced creativity, and new possibilities for applications across various domains.

Key research areas that underpin this study include: studies by [1] and [2] have introduced new parallel algorithms for operations such as filtering, segmentation, and object recognition. These studies have demonstrated significant computational speedups through the parallelization of computational tasks.

Studies by [3, 4] have explored the use of Graphics Processing Units (GPUs) for accelerating various image processing operations. The results of these studies



have shown the high efficiency of GPUs for highly parallel computations. User interfaces for graphics editors [5] have focused on developing intuitive user interfaces for graphics editors, allowing users to effectively perform various image processing tasks.

Specifically, studies by [6] have been dedicated to the development of parallel algorithms for Gaussian blurring, one of the most common operations in image processing. These studies have shown that the parallel implementation of this algorithm can significantly reduce computation time, especially for large images.

The aim of this study is to develop a graphics editor using the Qt library [7, 12] for image processing employing OpenMP technology [10, 11] and to compare its performance in sequential and parallel modes. To achieve this goal, the following tasks were completed: Development of software with a graphical user interface based on C++ [8] and Qt, supporting a set of image processing effects in both sequential and parallel modes; Implementation of the following graphic effects: negative, grayscale, sepia, blur, sharpening, and posterization [9]; Testing the execution speed of all effects in parallel and sequential modes based on measurements of the execution time of all graphic effects.

Evaluation of parallelization efficiency. To demonstrate and analyze the effectiveness of parallelization in the developed program, we will focus on the blur effect. This effect was chosen as a showcase example due to its high computational complexity, making it an ideal candidate for evaluating the benefits of parallel computing. The OpenMP method [10, 11] was used to implement parallelization, and its effectiveness was evaluated by comparing the execution time of the sequential and parallel versions of the algorithm. The blur effect is a widely used graphic technique that smoothes an image by blending the colors of neighboring pixels. At this stage, a weight is calculated for each pixel and its neighborhood using a Gaussian function. Then comes an important normalization step: each weight is divided by sumTotal to ensure that the sum of all weights is equal to 1. This guarantees that the overall brightness of the image remains unchanged after applying the effect. Iterating over pixels and calculating new values. This phase is the most computationally intensive.

New values are calculated for each color channel (red, green, blue) based on the weights of the Gaussian matrix and the values of neighboring pixels. This involves multiplying the color values of each neighboring pixel by the corresponding weight from the Gaussian matrix and then adding the results. This algorithm, especially its fourth step, is an ideal candidate for parallelization, as the processing of each pixel is an independent operation (fig. 1).

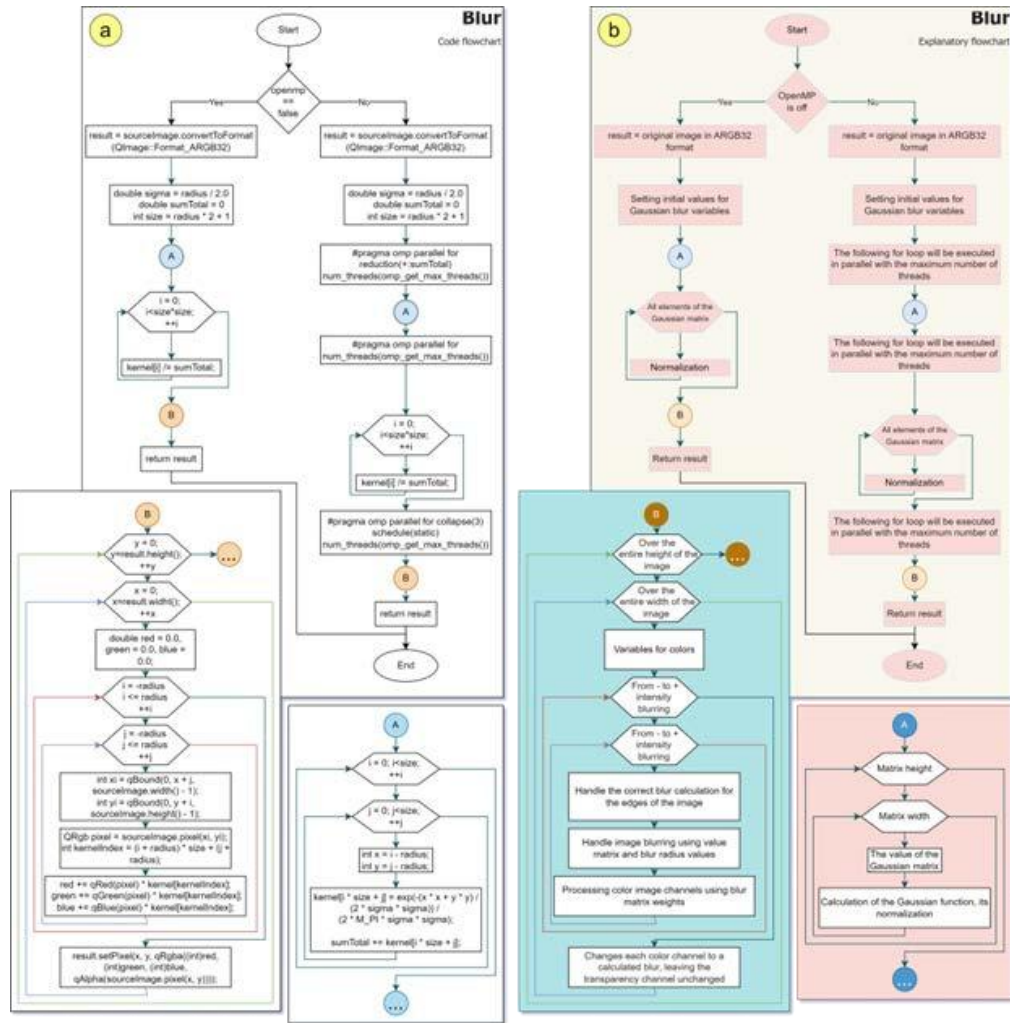


Figure 1 - Block diagram of the Blur effect execution (a); explanatory block diagram of the Blur effect execution (b).

That is why using OpenMP to parallelize these calculations can significantly improve the performance of the program, especially when processing large images or applying intensive blurring.

For testing, 24 images were selected, varying in size from the smallest (100x100 pixels) to extremely large (4000x4000 pixels). Each graphic effect was applied to each image three times, both sequentially and in parallel mode. For each experiment, the average execution time was calculated, which allowed us to obtain reliable performance indicators. Experimental results: Analysis of the obtained data revealed a significant increase in performance when using OpenMP parallelization [10, 11], especially when processing large images. For the blur effect on a 4000x4000 pixel image, the parallel mode demonstrated an impressive speedup, being 3.5 times faster than the sequential one. Other effects also showed a significant improvement in



performance, with a speedup of 2 to 4 times, depending on the algorithm complexity and image size.

Detailed analysis of the blur effect: This effect proved to be particularly indicative of the advantages of parallelization: Even for the smallest images (100x100 pixels), an instant decrease in execution time was observed when using parallel mode. The decrease in execution time ranged from 75% to 85% for most image sizes (fig. 2).

The maximum speedup (84%) was observed for images of size 1300x1300, 1400x1400, 1600x1600, 2000x2000, 3000x3000, and 4000x4000 pixels.

The analysis of the obtained results allows us to draw several important conclusions regarding the effectiveness of applying parallel computations [11, 12] in image processing. The effectiveness of parallelization demonstrates a clear positive correlation with the size of the processed image. Starting from a size of 1000x1000 pixels and above, the parallel mode demonstrates a significant acceleration. Depending on the specific effect and system characteristics, this acceleration can reach 2-4 times compared to the sequential mode. With increasing image size and effect complexity, the relative gain from parallelization increases, making this approach particularly valuable for processing large amounts of data or complex graphic effects.

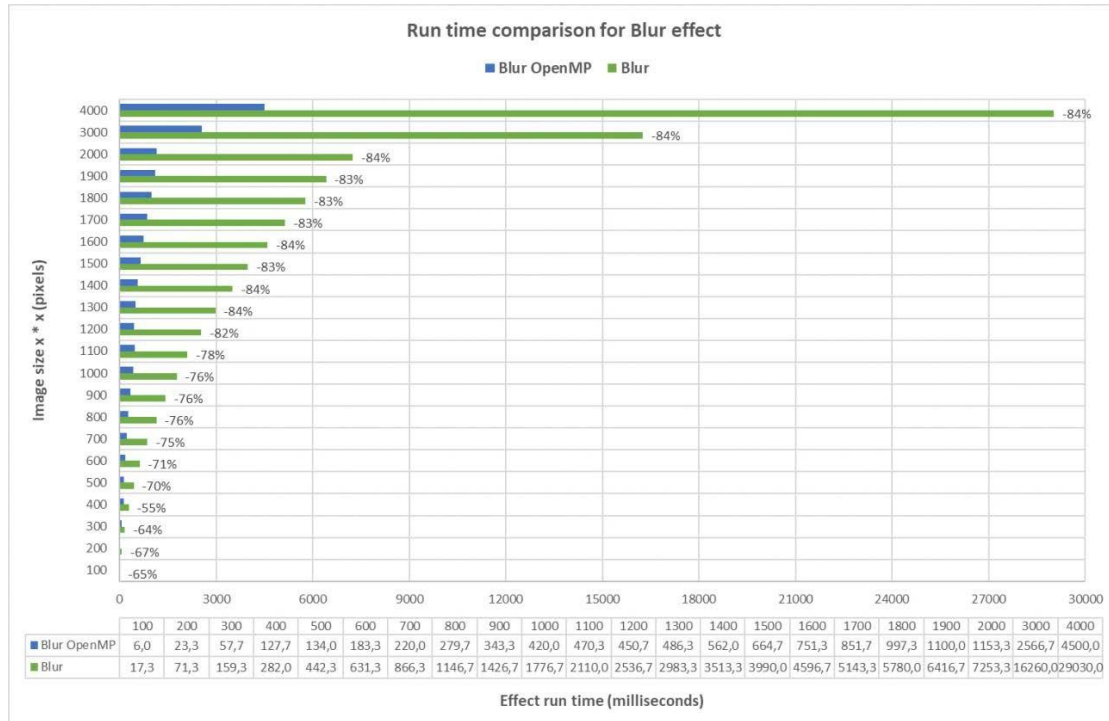


Figure 2. Comparative diagram of execution time for the blur effect for sequential and parallel computation methods.



Thus, the conducted study convincingly demonstrates the significant advantages of applying parallel computations in image processing, especially for resource-intensive operations and large formats. The results of the experimental study confirm that using OpenMP can significantly improve the performance of software, especially when working with large images and resource-intensive graphic effects. Further research can be directed towards optimizing algorithms for individual graphic effects, improving methods for balancing the load between threads, and adapting the developed approach to other platforms and architectures.

REFERENCES

1. Ladkat, A. S., Date, A. A., & Inamdar, S. S. (2016, August). Development and comparison of serial and parallel image processing algorithms. In *2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. Vol. 2, pp. 1-4. IEEE. DOI: 10.1109/INVENTIVE.2016.7824894.
2. S. W. Song (2002) Models for Parallel and Distributed Computation. *Applied Optimization*. Vol.67, pp. 147-178. DOI: 10.1007/978-1-4757-3609-0_6.
3. Baumker, A., & Dittrich, W. (1996, April). Parallel algorithms for image processing: Practical algorithms with experiments. In *Proceedings of International Conference on Parallel Processing*. pp. 429-433. IEEE. DOI: 10.1109/IPPS.1996.508091
4. Haase, R., Royer, L. A., Steinbach, P., Schmidt, D., Dibrov, A., Schmidt, U., ... & Myers, E. W. (2020). CLIJ: GPU-accelerated image processing for everyone. *Nature methods*, 17(1), pp. 5-6. DOI: 10.1038/s41592-019-0650-1
5. Myers, B. A., McDaniel, R. G., & Kosbie, D. S. (1993, May). Marquise: Creating complete user interfaces by demonstration. In *Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 Conference on Human Factors in Computing Systems*. pp. 293-300. DOI: 10.1145/169059.16922
6. Del Turco, R. R. (2012). After the editing is done: Designing a Graphic User Interface for digital editions. *Digital Medievalist*, 7. DOI: DOI:10.16995/DM.30
7. Blanchette, J., & Summerfield, M. (2019). C++ GUI Programming with Qt 5: Create Amazing Applications with Qt. 2nd., Publishing House of Electronics Industry. 464 p.
8. Stroustrup, B. (2018). A Tour of C++ (2nd Edition). Addison-Wesley. 180 p. ISBN 978-0-13-499783-4.
9. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing (4th Edition). Pearson. 1168 p. ISBN 9780133356724.
10. Chapman, B., Jost, G., & Van Der Pas, R. (2008). Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming. MIT Press. 384 p. ISBN: 9780262255905



11. Quinn, M. J. (2004). Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. Dubuque, Iowa : McGraw-Hill Education, New York. 529 p.

12. Piccolino, M. (2018). " Qt 5 Projects: Develop cross-platform applications with modern UIs using the powerful Qt framework. Packt Publishing. 360 p. ISBN 178829551X.

УДК 004.056:316.472.4

Андрій АГЕЄНКО,

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності F2
«Інженерія програмного забезпечення»*

Херсонського національного технічного університету

Олег БОСКІН,

ст.викладач кафедри програмних засобів і технологій

Херсонського національного технічного університету, Хмельницький

ЦИФРОВА СТІЙКІСТЬ ПРИФРОНТОВОГО РЕГІОНУ ТА АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ПОШИРЕННЯ ДЕЗІНФОРМАЦІЇ, СКАМУ ТА ФІШИНГУ В ХЕРСОНСЬКОМУ СЕГМЕНТІ СОЦМЕРЕЖ

Вступ. Інформаційний простір прифронтових територій України, зокрема Херсонської області, зараз перебуває під постійним тиском кібератак. Якщо говорити простіше, то місцевий сегмент соціальних мереж фактично став середовищем, де зловмисники перевіряють різні способи впливу на людей.

Це відбувається не випадково. Є кілька причин, через які місцеве населення більш вразливе до таких атак.

Фактори вразливості:

1. Інформаційний дефіцит. Людям потрібна оперативна інформація: про обстріли, відключення електроенергії, гуманітарну допомогу, виплати. Особливо це стосується тих, хто вже пережив бойові дії або окупацію. Через це вони частіше переходять за різними посиланнями і більше довіряють будь-яким джерелам, де є "потрібна інформація".

2. Очікування допомоги. Багато людей розраховують на фінансову підтримку від держави або благодійних організацій. І це нормально в тих умовах. Але саме на цьому часто і грають зловмисники.

3. Довіра до місцевих спільнот. Під час кризи місцеві групи в соцмережах стали основним джерелом новин. Люди звикли їм довіряти. Відповідно, якщо така група буде зламана або з'явиться її копія - користувачі можуть цього навіть не помітити.



Якщо подивитись на статистику, то ситуація виглядає доволі серйозною. У 2025 році в Херсонській області зареєстрували 406 випадків шахрайства, але підозрюваних встановили лише у 22 випадках. Тобто більшість справ залишаються нерозкритими. Більше того, показники навіть погіршилися порівняно з попереднім роком.

Класифікація загроз. Щоб краще зрозуміти проблему, варто розділити основні типи загроз. Вони відрізняються між собою, хоча іноді можуть поєднуватись.

1. Дезінформація. Це неправдива або перекручена інформація. Найчастіше вона викликає сильні емоції - страх, обурення або паніку. Наприклад, фейки про те, що гуманітарну допомогу розкрадають. Люди починають обговорювати це і поступово вірити.

2. Скам (шахрайство). Тут усе більш прямо - користувача намагаються обманути, щоб отримати гроші. Це можуть бути “вигідні пропозиції”, додаткові виплати або якісь “схеми”, які нібито дозволяють легко заробити.

3. Фішинг. Один із найнебезпечніших варіантів. Людину переводять на сайт, який виглядає як справжній (банк або державний сервіс). Вона вводить свої дані, і вони одразу потрапляють до зловмисників. Часто такі сайти зроблені дуже якісно, і відрізнити їх непросто.

Механізми розповсюдження. Якщо подивитись, як саме поширюється такий контент, можна виділити кілька типових схем.

1. Обхід модераторів. Часто використовуються старі або зламані акаунти. Вони виглядають “нормально” для алгоритмів, тому їх рідше блокують.

2. Копії спільнот. Створюються групи, які виглядають як популярні місцеві. Спочатку там публікують звичайні новини, щоб набрати аудиторію. А вже потім - шахрайський контент.

3. Таргетинг. Завдяки рекламі можна показувати потрібні пости саме тій аудиторії, яка з більшою ймовірністю на них відреагує. Наприклад, людям з Херсонської області або тим, хто цікавиться темами допомоги чи виплат.

4. Штучний інтелект. Тут ситуація окремо цікава. Зараз тексти, відео і навіть голоси можна генерувати дуже якісно. Тому з'являються:

- фейкові відео з “посадовцями”
- боти, які відповідають у коментарях
- подроблені скріншоти виплат

У результаті створюється відчуття, що інформація підтверджується з різних джерел, хоча насправді це одна і та сама схема.

Методи захисту. Очевидно, що проблема не вирішується одним способом. Потрібен комплексний підхід.

Серед можливих рішень:

- системи моніторингу, які виявляють підозрілу активність;



- навчання людей базовим правилам безпеки в інтернеті;
- підтвердження офіційних каналів (щоб було видно, де справжнє джерело);
- двофакторна аутентифікація;
- покращення систем перевірки на ботів.

Висновки. У підсумку можна сказати, що ситуація в інформаційному просторі Херсонської області є доволі складною. Проблема кіберзагроз тут проявляється особливо гостро.

Водночас її не можна вирішити якимось одним інструментом. Потрібна системна робота: і технології, і навчання користувачів, і участь бізнесу. Тільки в такому випадку можна говорити про більш-менш стабільний інформаційний простір.

УДК 004.9:930.85(477)

*Мар'яна БАБИШЕНА,
к.п.н., доцент,
доцент кафедри соціально-гуманітарної підготовки,
Херсонської державної морської академії, м. Херсон, Україна*

ЦИФРОВІ ПРОЄКТИ З ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКОЇ КУЛЬТУРИ

У ХХІ столітті цифрові технології стали важливим інструментом збереження та популяризації культурної спадщини. Українська культура, яка має багатовікову історію та значний потенціал, активно інтегрується у глобальний цифровий простір. Цифрові проєкти сприяють поширенню знань про історію, мистецтво, традиції та національну ідентичність України серед широкої аудиторії [2; с. 45].

Цифрові платформи дозволяють створювати доступний і зручний контент для користувачів різного віку. Онлайн-курси, інтерактивні карти, віртуальні виставки та мультимедійні ресурси значно розширюють можливості культурної комунікації [5; с. 78].

Особливу роль відіграють відкриті освітні платформи, які забезпечують безкоштовний доступ до знань. Наприклад, українські цифрові ініціативи сприяють популяризації історії та культури серед молоді [6; с. 24].

Серед найвідоміших цифрових проєктів варто відзначити платформу «Дія.Освіта», яка пропонує освітні серіали, зокрема з медіаграмотності та культури. Також важливим ресурсом є платформа Prometheus, що надає онлайн-курси з історії України та культурології [3; с. 36].



Значний внесок у популяризацію культури здійснюють міжнародні проекти, такі як Google Arts & Culture, де представлені українські музеї та культурні об'єкти. Це дозволяє інтегрувати українську культурну спадщину у світовий контекст [4; с. 57].

Крім того, активно розвиваються віртуальні музеї та цифрові архіви, що забезпечують доступ до історичних документів, творів мистецтва та культурних пам'яток [1]. Серед переваг, що мають цифрові проекти, можна виділити: доступність незалежно від географічного розташування; інтерактивність та залучення користувачів; можливість збереження культурної спадщини в цифровому форматі; популяризація української культури на міжнародному рівні [2].

Попри значні переваги, існують і певні труднощі. Серед них: недостатнє фінансування, нерівний доступ до технологій, а також проблема авторського права та захисту контенту [5].

Ще одним викликом є необхідність забезпечення достовірності інформації та її наукового обґрунтування [3; с. 39].

У майбутньому цифрові проекти з популяризації української культури мають значний потенціал розвитку. Використання штучного інтелекту, віртуальної та доповненої реальності дозволить створювати ще більш інтерактивні та захопливі формати подачі інформації [4; с. 60].

Розвиток цифрових гуманітарних наук сприятиме глибшому дослідженню культурної спадщини та її інтеграції у світовий науковий простір.

Отже, цифрові проекти є ефективним інструментом популяризації української культури. Вони забезпечують доступ до культурної спадщини, сприяють формуванню національної ідентичності та інтеграції України у світовий культурний простір. Подальший розвиток цих проектів потребує комплексного підходу, інвестицій та підтримки з боку держави й суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко О. Цифрові архіви та культурна спадщина. Київ : Наукова думка, 2019. 256 с.
2. Іваненко Л. Цифрові технології в культурі та освіті. Харків : Основа, 2021. 312 с.
3. Коваль М. Онлайн-освіта та історична наука. Освітні дослідження. 2021. № 2. С. 34–41.
4. Мельник Т. Цифрові платформи у популяризації культури. Культурологічний вісник. 2023. № 1. С. 55–62.
5. Петренко В. Проблеми цифровізації культурної спадщини. Львів : Світ, 2020. 280 с.



6. Шевченко Н. Інноваційні освітні проєкти в Україні. Освіта і суспільство. 2022. № 3. С. 22–29.

УДК 004.382:621.317

Павло БЕЛЬМАЗ,
студент 4-го курсу
Григорій ЧЕРЕПАЩУК,
професор, канд. техн. наук, доцент
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АПАРАТНОЇ ТА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАННЯ МИТТЄВОЇ СКВАЖНОСТІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ

У процесі здобуття вищої освіти за напрямом метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, під час поглибленого вивчення методів цифрових вимірювань, особливий науковий інтерес викликала проблематика точності фіксації параметрів високочастотних сигналів. Шляхом практичного аналізу та порівняння результатів, отриманих за допомогою різних вимірювальних систем, було чітко виявлено та усвідомлено фундаментальну різницю між програмними та апаратними методами обробки даних. Емпіричне розуміння того, як саме обрана архітектура впливає на детермінованість виміру, стало головним мотивом для систематизації набутого досвіду та проведення даного дослідження.

Скважність імпульсів — це відношення тривалості імпульсу до періоду повторення імпульсів, що характеризує щільність їх заповнення в часі. Вимірювання саме миттєвого значення скважності (в окремо виділених періодах) полягає у фіксації поточної тривалості імпульсу та відповідної йому тривалості періоду з подальшим їх діленням. Такий підхід є критично актуальним при дослідженні широтно-імпульсних модульованих (ШІМ) сигналів, коли корисну інформацію несе безпосередньо динамічна зміна скважності кожного окремого імпульсу.

Апаратне рішення базується на використанні жорсткої дискретної логіки (ТТЛШ), яка обробляє електричні сигнали фізично та паралельно, гарантуючи миттєву реакцію без операційних затримок. Натомість програмне (мікропроцесорне) рішення покладається на алгоритмічне виконання коду та обробку зовнішніх переривань обчислювальним ядром контролера, що



забезпечує гнучкість системи, але неминуче вносить часовий джитер, іншими словами тремтіння фази

З метою доведення ефективності апаратного підходу для завдань цифрової метрології в реальному часі було сформовано наступні наукові тези та проведено порівняльне дослідження розробленої апаратної реалізації вимірювача скважності імпульсних сигналів та подібної за призначенням мікропроцесорної реалізації. Аналіз виявив такі аспекти.

1. Проблема втрати детермінованості у програмних системах

Будь-який мікроконтролер реагує на зміну стану вхідного сигналу через систему переривань. Процес збереження контексту регістрів, перехід до підпрограми обробки переривання (ISR) та очищення конвеєра інструкцій займає змінну кількість тактів. Це створює фазове тремтіння, яке є критичним при вимірюванні наносекундних інтервалів.

2. Апаратна логіка як точна одиниця реального часу

Використання жорсткої дискретної логіки забезпечує обробку сигналів дійсно у реальному масштабі часу завдяки фізичній, а не алгоритмічній реакції на вхідні стимули.

3. Математичний бар'єр похибки дискретності

Для забезпечення похибки вимірювання $\delta\delta \leq 10\%$ при максимальній скважності $S_{max} = 1000$ частота тактування має бути не нижчою за 100 МГц, що є вузьким місцем для стандартних МК, тому що більшість МК не здатні обробляти зовнішні переривання на такій частоті без пропуску тактів.

4. Феномен «пропущеного такту» у мікропроцесорах

Навіть при використанні апаратних таймерів МК шина даних періодично блокується іншими процесами (наприклад, арбітражем пам'яті). Це призводить до «пропущеного такту», тоді як автономні вхідні лічильники K1531IE2 працюють незалежно і безперервно.

5. «Сліпа зона» інтегруючих методів

Програмні алгоритми часто вдаються до усереднення (інтегрування) результатів за кілька періодів, що призводить до втрати даних про миттєві аномалії сигналу.

6. Оптимізація енергоефективності через структурний поділ

Апаратна реалізація дозволяє застосувати принцип гетерогенної частотності, що знижує загальне енергоспоживання. Підтвердження даної тези отримано в результаті розділення схеми на високочастотний вимірювальний тракт (K1531) та низькочастотний тракт обробки (K555). Обробка кодів серією K555 зменшує енергоспоживання у 3-4 рази порівняно з повністю швидкісною схемотехнікою.



7. Детермінованість апаратної математики

Виконання ділення методом послідовного віднімання на дискретній логіці забезпечує сталий час обробки результату.

8. Відмова від надмірної схемотехніки при детектуванні нуля

Апаратна логіка дозволяє використовувати приховані ресурси мікросхем, спрощуючи конструкцію. Замість багаторозрядних схем порівняння використано вбудований вихід позики ВО (Borrow Output) лічильників K555IE6, який автоматично формує імпульс при переході через нуль.

9. Ренесанс апаратних рішень у сучасній метрології

У завданнях, де потрібен безкомпромісний аналіз форми імпульсу, елементна база ТТЛШ перевершує мікропроцесорні системи. Для створення мультифункціонального приладу з миттєвим виміром у діапазоні до 100 МГц доцільно використовувати апаратну логіку як високоточний інструмент без «операційного шуму».

Зведені результати порівняльного аналізу розробленого пристрою та типових мікропроцесорних систем наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльний аналіз засобів вимірювання скважності

Критерій порівняння	Апаратна реалізація (ТТЛШ серій K1531/K555)	Мікропроцесорна реалізація (наприклад STM32F411)
Детермінованість та реальний час	Абсолютно детермінована обробка завдяки паралельній роботі швидкісних лічильників без пропуску тактів	Наявність стохастичних затримок (джитера) через апаратне збереження контексту регістрів (мінімум 12 тактів для ядра Cortex-M4) та переривання.
Точність на високих частотах	Стабільна похибка $\delta\delta \leq 10\%$ при вимірюванні сигналів до 100 МГц завдяки затримкам серії K1531 (3-5 нс)	Критична похибка або «пропуск тактів» при тривалості імпульсу похибка ≤ 120 нс через архітектурні обмеження портів (GPIO) та шини.
Обчислення скважності	Апаратна математика: ділення виконується методом послідовного віднімання за фіксований час	Алгоритмічне обчислення: використання АЛУ/FPU для математичних операцій, що потребує змінної кількості процесорних тактів.
Фіксація миттєвих значень	Точне виділення часового вікна (одного повного періоду), фіксація аномалій кожного імпульсу	Схильність до програмного усереднення (інтегрування) за кілька періодів для компенсації похибок та пропущених переривань

Висновки. Порівняльний аналіз доводить, що для високоточного вимірювання миттєвої скважності високочастотних імпульсних сигналів апаратна реалізація має беззаперечні переваги над мікропроцесорними



системами. Відмова від програмної обробки на користь дискретної елементної бази (серії K1531 та K555) дозволяє досягти стабільної роботи у жорсткому реальному часі, що є фундаментально необхідним для точного аналізу швидкоплинних ШІМ-процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В. І., Жуйков В. Я., Зорі А. А. та ін. Цифрова схемотехніка електронних систем: Підручник. — К.: Вища школа, 2010. — 426 с.
2. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Яцук В. О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / За ред. Є. С. Поліщука. — 2-ге вид., доп. та переробл. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. — 544 с.
3. Вонсевич К. П., Безуглий М. О. Мікропроцесорна техніка: Навчальний посібник. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 94 с.
4. Datasheet SN74F04/74F90. Fast TTL Logic Series. Texas Instruments, 2011.

УДК 004.31:004.056:658.5

Надія БОЖКО

*викладач-методист, викладач вищої категорії,
викладач спецдисциплін технічного напрямку підготовки
ВСП «Фаховий коледж Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова», Миколаїв*

РОЗУМНІ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ ПОТ ТА КІБЕРБЕЗПЕЧНИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до проектування екосистем «розумного підприємства» (Smart Factory) у контексті розвитку промислового інтернету речей. Проаналізовано роль мікропроцесорних систем як базового апаратного рівня IoT та досліджено ключові аспекти забезпечення кібербезпеки у промислових мережах. Розширено підходи до використання edge-обчислень, цифрових двійників та штучного інтелекту в індустріальних системах. Обґрунтовано доцільність впровадження концепції нульової довіри на апаратному рівні. Наведено економічні переваги впровадження інтелектуальних виробничих систем.

Ключові слова: IoT, мікропроцесорні системи, кібербезпека, Smart Factory, Edge Computing, Zero Trust, цифровий двійник.



Abstract: *The article examines modern approaches to designing Smart Factory ecosystems within the framework of Industrial Internet of Things (IIoT) development. The role of microprocessor systems as the fundamental hardware layer of IIoT is analyzed, and key aspects of ensuring cybersecurity in industrial networks are investigated. The study expands on the application of edge computing, digital twins, and artificial intelligence in industrial systems. The feasibility of implementing the Zero Trust concept at the hardware level is justified. Furthermore, the economic benefits of deploying intelligent manufacturing systems, such as predictive maintenance and energy optimization, are demonstrated. The research emphasizes the strategic importance of the "Computer Engineering" specialty (123) in developing sovereign technological solutions for industry.*

Keywords: *IIoT, microprocessor systems, cybersecurity, Smart Factory, Edge Computing, Zero Trust, digital twin, hardware root of trust, Industry 4.0.*

Сучасний етап індустріального розвитку характеризується активним переходом до концепції «розумного підприємства», яка є складовою глобальної парадигми Industry 4.0. У 2026 році промисловий інтернет речей (IIoT) виступає ключовою технологічною основою трансформації виробництва у високоефективні цифрові екосистеми. Для фахівців спеціальності 123 «Комп'ютері інженерія» проектування таких систем є міждисциплінарною задачею, що поєднує знання мікропроцесорної техніки, мережевих технологій та кібербезпеки. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення адаптивних виробничих середовищ, здатних до самодіагностики, прогнозування та автономного управління.

Основою IIoT є багаторівнева архітектура, в якій мікропроцесорні системи виконують роль первинного рівня обробки даних. На рівні сприйняття використовуються вбудовані системи на базі сучасних мікроконтролерів (STM32, ESP32, RISC-V), які здійснюють збір інформації з датчиків температури, тиску, вібрації та інших фізичних параметрів. Ці пристрої формують первинний потік даних, що надалі передається до вищих рівнів обробки. Взаємодія між апаратними компонентами та хмарними сервісами реалізується через чітку ієрархічну структуру, деталізація якої наведена на рис.1.

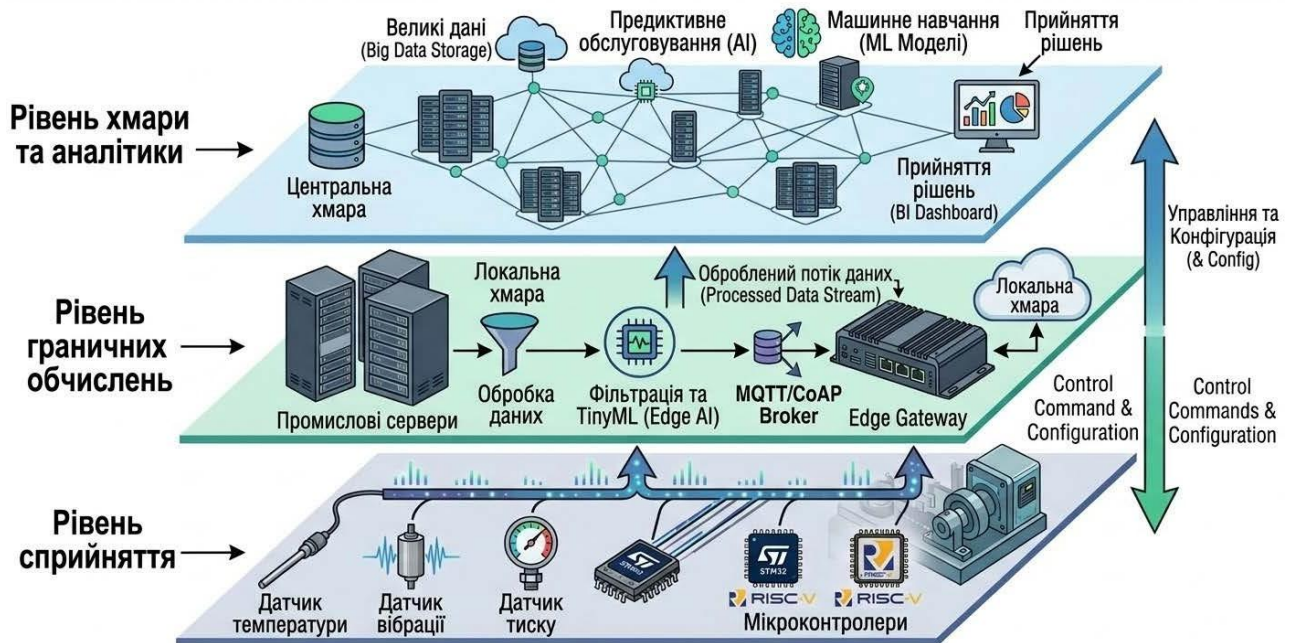


Рис. 1 – Багаторівнева архітектура системи ІоТ

Представлена дворівнева схема обміну даними демонструє вертикальну інтеграцію від польового рівня (сенсорів та мікроконтролерів) до хмарних сервісів аналітики. Особлива увага приділена шару граничних обчислень (Edge Computing), який дозволяє мінімізувати затримки в критичних виробничих циклах за допомогою локальної обробки сигналів.

Важливим етапом еволюції ІоТ є впровадження граничних обчислень (Edge Computing), які дозволяють переносити обчислювальні ресурси ближче до джерела даних. Це забезпечує зниження затримок, підвищення надійності системи та зменшення навантаження на мережеву інфраструктуру. У поєднанні з технологіями 5G та промисловими протоколами реального часу (наприклад, TSN) досягається висока швидкість передачі даних і масштабованість системи.

Подальший розвиток концепції «розумного підприємства» пов'язаний із впровадженням цифрових двійників (Digital Twin), які представляють собою віртуальні моделі фізичних об'єктів або процесів. Такі моделі дозволяють проводити симуляції, прогнозувати відмови обладнання та оптимізувати виробничі процеси без втручання у реальну систему.

Для розуміння механізмів синхронізації фізичних процесів із їхніми віртуальними аналогами доцільно розглянути модель взаємодії, представлену на рис. 2.



Рис. 2 – Концепція цифрового двійника у Smart Factory

Даний рисунок ілюструє концепцію динамічного зв'язку між фізичним активом та його цифровою копією, де дані в реальному часі передаються через інтелектуальні вузли обробки. Візуалізація підкреслює циклічність процесу: від збору метрик мікропроцесорними системами до формування керуючих впливів на основі прогнозного моделювання у віртуальному середовищі.

Зростання кількості підключених пристроїв у PoT-системах суттєво розширює поверхню атак, що актуалізує проблему кібербезпеки. Особливо небезпечними є вразливості застарілих (legacy) систем, які не підтримують сучасні криптографічні механізми. Додатковим ризиком є компрометація ланцюгів постачання, коли шкідливі компоненти інтегруються на етапі виробництва.

Для мінімізації ризиків доцільним є впровадження концепції Zero Trust, відповідно до якої жоден компонент системи не вважається довіреним за замовчуванням. Ключовим елементом цієї моделі є апаратний корінь довіри (Root of Trust), реалізований на рівні мікропроцесора або спеціалізованого криптомодуля. Це забезпечує автентифікацію пристроїв, цілісність програмного забезпечення та захист каналів передачі даних.

Комплексний підхід до побудови захищеного інформаційного середовища на базі криптографічних методів та апаратних рішень відображено на рис. 3.

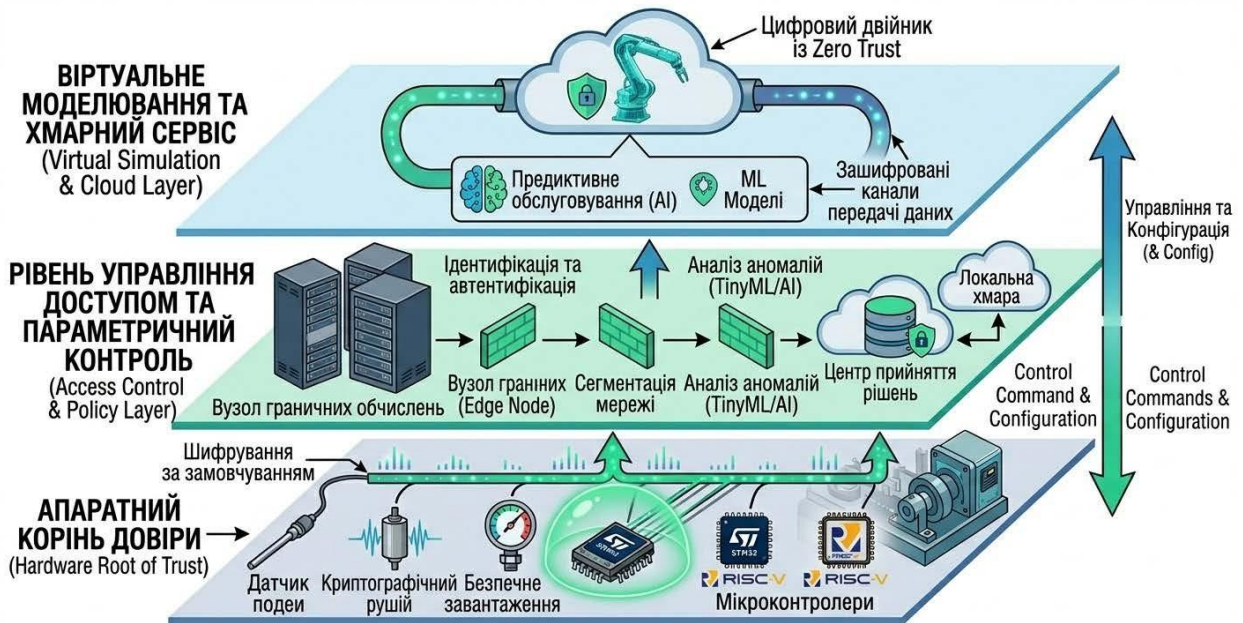


Рис. 3 – Архітектура кіберзахисту ІоТ із застосуванням Zero Trust

У структурі, наведеній на рисунку 3, відображено механізм реалізації стратегії «нульової довіри», де безпека починається з апаратного кореня довіри (Root of Trust) на рівні мікросхеми. Схема демонструє, як наскрізне шифрування та безперервна верифікація кожного пристрою створюють захищений периметр для промислової екосистеми в умовах сучасних кіберзагроз.

Крім безпеки, важливим фактором є економічна ефективність впровадження ІоТ. Сучасні інтелектуальні системи дозволяють реалізувати прогностичне обслуговування (Predictive Maintenance), що знижує витрати на технічне обслуговування та мінімізує простой обладнання. Додатково, застосування енергомоніторингу забезпечує оптимізацію споживання електроенергії та підвищення загальної ефективності виробництва.

Інтеграція технологій штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє аналізувати великі обсяги даних у реальному часі, виявляти аномалії та автоматично приймати управлінські рішення. Таким чином, «розумне підприємство» трансформується у саморегульовану кіберфізичну систему.

Отже, проектування систем Smart Factory є складним процесом, що вимагає гармонійного поєднання апаратних рішень, програмного забезпечення та механізмів захисту інформації. Підготовка інженерів нового покоління, здатних працювати на перетині цих напрямів, є стратегічним завданням для забезпечення технологічного розвитку та індустріального суверенітету.

Проектування систем «розумного підприємства» на базі ІоТ визначає майбутнє промисловості. Ключовими факторами успіху є використання



сучасних мікропроцесорних технологій, впровадження edge-обчислень та забезпечення високого рівня кібербезпеки. Концепція нульової довіри та використання апаратного кореня довіри формують новий стандарт захисту індустріальних систем. Подальший розвиток галузі пов'язаний із інтеграцією штучного інтелекту та цифрових двійників.

ЛІТЕРАТУРА

1. NIST. Zero Trust Architecture // NIST Special Publication 800-207. – P. 1–59. – 2020.
2. Fortinet. The State of Operational Technology and Cybersecurity Report // Fortinet Research Report. – P. 1–40. – 2025.
3. Fortune Business Insights. Industrial IoT Market Size, Share & Industry Analysis Report // Market Research Report. – P. 1–120. – 2026.

УДК 004.8:659.3(477.72)

*Олег БОСКІН,
ст.викладач ХНТУ, м. Херсон
Даніл СИДОРЧУК,
здобувач освіти ХНТУ, м. Херсон*

ГЕНЕРАТИВНИЙ ШІ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТРАТЕГІЧНИХ КОМУНІКАЦІЙ ВІДНОВЛЕННЯ РЕГІОНУ

Актуальність теми. Сьогодні Херсонщина перебуває на передовій не лише фізичного, а й інформаційного та економічного протистояння. У процесі повоєнного відновлення критично важливим є формування позитивного, інноваційного та привабливого образу регіону. Традиційні методи маркетингу територій часто не встигають за динамікою змін, тому використання генеративного штучного інтелекту (ШІ) стає стратегічним інструментом.

Проект «Херсон 2030: Місто майбутнього та знань» є відповіддю на виклики сучасності. Він демонструє, як технології ШІ можуть візуалізувати стратегію розвитку міста, роблячи її зрозумілою та відчутною для двох ключових аудиторій:

1. Потенційних інвесторів, яким важливо бачити не лише руйнації, а й конкретний план відбудови, логістичний потенціал та інтелектуальний ресурс регіону.



2. Абітурієнтів та молоді, які мають бачити Херсон як центр високих технологій, де навчання в Херсонському національному технічному університеті (ХНТУ) є першим кроком до створення «розумного» міста.

Ціль проєкту. Основною метою проєкту є розробка мультимедійної концепції візуалізації майбутнього Херсона у 2030 році. За допомогою інструментів ШІ (нейромережі для генерації зображень та відео) ми прагнемо:

- Створити візуальний еталон відбудованого міста.
- Продемонструвати нерозривний зв'язок між освітнім процесом у ХНТУ та практичною реалізацією смарт-інфраструктури (еко-моніторинг, цифрова логістика, кібербезпека).
- Розробити універсальний контент-пакет (серію сюжетів), який може бути використаний для міжнародних форумів, вступних кампаній та соціальних медіа.

Методологія. В основі проєкту лежить синергія технічних знань у сфері ІТ та креативного маркетингу. Використання промпт-інжинірингу дозволило досягти високого ступеня фотореалізму та візуальної цілісності, де ХНТУ виступає головним архітектором цифрових змін регіону.

Візуальна концепція «Херсон 2030». Проєкт представлено серією з 10 епізодів, кожен з яких фокусується на стратегічно важливому аспекті життєдіяльності смарт-міста. Візуальний ряд побудований на принципі «від загального до детального». ХНТУ інтегрований у кожен етап розвитку.

Епізод 1. Набережна Незалежності. Центральна локація міста, що демонструє екологічне відновлення та нову архітектурну естетику. Виступає символом відкритості та зв'язку міста з головною артерією – Дніпром.

Епізод 2. Цифровий порт. Візуалізація автоматизованого логістичного хаба. Демонструє впровадження безпілотних систем перевезення та інтеграцію блокчейн-технологій у керування вантажопотоками.

Епізод 3. Енергія Сонця. Херсон як енергетичний донор Півдня. Опис впровадження «розумних» мереж (Smart Grids) та автономних джерел живлення на базі кожної будівлі міста.





Епізод 4. Кібер-щит міста. Демонстрація безпекового аспекту. Центр моніторингу, де студенти та науковці ХНТУ захищають цифрову інфраструктуру міста від кіберзагроз у реальному часі.

Епізод 5. Смарт-Агро. Поєднання традиційного аграрного сектору з технологіями IoT та AI. Візуалізація дронів-моніторів та автоматизованих ферм, що забезпечують продовольчу безпеку.

Епізод 6. Вулиця Прогресу. Смарт-інфраструктура в дії: безшумний маглев-транспорт, інтерактивні зупинки та цифрова навігація, що робить міське середовище інклюзивним та зручним.



Епізод 7. Лабораторія Мрій. Внутрішній погляд на освітній процес у ХНТУ. Студенти працюють з VR/AR інтерфейсами, створюючи цифрові двійники міських об'єктів.

Епізод 8. Парк «Синергія». Простір прямої взаємодії науки та бізнесу. Територія, де розташовані офіси міжнародних технологічних компаній та науково-дослідні інститути університету.

Епізод 9. Нічний Херсон. Естетичне підтвердження безпеки та стабільності. Місто, що сяє вогнями енергоефективної ілюмінації, символізуючи триумф життя та технологій.



III МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ СИНЕРГІЯ НАУКИ І БІЗНЕСУ 2026



Епізод 10. Фінал: Погляд у майбутнє. Емоційне завершення проекту. Портрет випускника ХНТУ на фоні квітучого міста – як головного капіталу та гаранта успішного завтра.



Актуальність та перспективи ШІ-візуалізації. Традиційні текстові звіти чи статичні графіки вже не здатні повною мірою конкурувати за увагу інвесторів та молоді в епоху «кліпового мислення» та перенасичення контентом. Використання генеративного ШІ для створення серії сюжетів «Херсон 2030» забезпечує:



- Емоційний імпакт, візуалізація перетворює сухі цифри плану відбудови на «живе» майбутнє, яке викликає довіру та бажання стати його частиною.

- Високу швидкість і низьку вартість, створення аналогічного контенту традиційними методами (3D-моделювання, зйомки, професійний монтаж) потребувало б місяців роботи та величезних бюджетів. ШІ дозволяє ітерувати ідеї за лічені години.

- Універсальність, створений контент легко адаптується під різні платформи – від наукових доповідей на конференціях до віральних відео у TikTok та Instagram, що розширює охоплення аудиторії.

Перспективи проєкту. Проєкт «Херсон 2030: Місто майбутнього та знань» не є статичним. Його розвиток ми бачимо у наступних напрямках, таких як створення «цифрового двійника» регіону, гейміфікація освіти, масштабування на бізнес.

Синергія науки (у особі ХНТУ) та бізнесу починається з візії. Проєкт «Херсон 2030» доводить, що за допомогою штучного інтелекту ми можемо не просто чекати на майбутнє, а конструювати його вже сьогодні, роблячи наш регіон магнітом для талантів та інвестицій.

УДК: 004.75:316.472.4]

*Олег БОСКІН,
ст.викладач ХНТУ, м. Херсон
Віктор ФІЛПЧУК
здобувач освіти ХНТУ, м. Херсон*

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ПРОТИДІЇ КІБЕРЗАГРОЗАМ ТА ІНФОРМАЦІЙНИМ МАНІПУЛЯЦІЯМ У ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРІ ПРИФРОНТОВОГО РЕГІОНУ НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОГО СЕГМЕНТУ СОЦМЕРЕЖ

Вступ. Специфіка «цифрової оборони» Херсонщини. Регіон, станом на 2026 рік, залишається зоною підвищеного ризику, де цифрова безпека стала критично важливою для виживання та стабільності через сильну залежність населення від онлайн-інформації про безпеку й допомогу. Традиційні засоби захисту, вочевидь, малоефективні, оскільки атаки мають гіперлокальний характер і маскуються під знайомі сервіси. Вони поширюються переважно через Telegram-канали та Facebook-групи, де рівень довіри значно вищий. Додатковим фактором є психологічна вразливість людей, що підсилює ефективність соціальної інженерії. В такому випадку фішинг перетворився на



інструмент масового впливу, який імітує критично важливі сервіси, тому цифрова оборона в регіоні полягає насамперед у захисті користувача та врахуванні локального контексту загроз.

Технічні інструменти виявлення та блокування. Технічні інструменти виявлення та блокування включають автоматизацію моніторингу, OSINT-інструментарій, семантичний аналіз і систему автоматичного маркування. Для випередження зловмисників пропонується модель превентивного моніторингу, що базується на поєднанні відкритих джерел та автоматизованих скриптів. Зокрема, передбачено здійснювати моніторинг реєстрації доменів через Certificate Transparency logs із використанням Python-скриптів, наприклад із застосуванням бібліотек `rust` або `tlextract`, для відстеження нових доменних імен, що містять ключові слова нахшталт `kherson`, `vulytsia`, `dopomoga`, `svitlo`, `e-dopomoga`. Паралельно проводиться OSINT-аналіз соціальних мереж із використанням інструментів для парсингу, наприклад на базі Selenium або Playwright. Це дозволяє збирати посилання з коментарів у популярних херсонських групах і виявляти фішингові лендинги ще до набуття ними масової популярності. Додатково застосовується міжплатформене відстеження, яке забезпечує автоматичне порівняння контенту між Telegram-каналами та Facebook-сторінками для виявлення синхронізованих дезінформаційних кампаній і бот-мереж.

Стандартні NLP-моделі часто не враховують регіональний контекст, тому доцільним є впровадження спеціалізованих семантичних фільтрів. Система налаштовується на виявлення регіональних лінгвістичних маркерів, зокрема специфічних помилок, характерних для машинного перекладу з російської на українську, що часто трапляються у ворожих ІІсО, наприклад неправильне вживання топонімів або локального херсонського сленгу. Також формується динамічний словник стоп-слів прифронтового регіону, який включає терміни-тригери, що найчастіше використовуються у скам-схемах, такі як «грошова допомога всім херсонцям», «термінова евакуація безкоштовно», «заявка на компенсацію за житло». Окрему роль відіграє аналіз метаданих контенту, який дозволяє виявляти аномалії у часі публікації та структурі постів, наприклад коли повідомлення про обстріли Херсона публікується з IP-адреси іншого регіону або через нетипові для локальних адміністраторів сервіси автоматизації.

Алгоритм автоматичного маркування функціонує за принципом «світлофора», де зелений рівень відповідає верифікованим джерелам, таким як офіційні канали обласної військової адміністрації або міської ради, жовтий сигналізує про необхідність додаткової перевірки, якщо пост містить стоп-слова, але веде на знайомий ресурс, а червоний означає високий ризик, коли, наприклад, поєднується нещодавно зареєстрований домен із емоційними



тригерами. У такому випадку система може автоматично приховувати коментар або надсилати сповіщення модератору групи.

Алгоритми верифікації для адміністраторів локальних спільнот. Алгоритми верифікації для адміністраторів локальних спільнот передбачають поєднання швидкої перевірки контенту, технічного налаштування платформ і розвитку мережі довірених джерел. Для модераторів великих херсонських груп, зокрема «Херсон. Потвори» та «Оголошення Херсонщина», пропонується цілісний протокол оцінки запропонованих новин і коментарів за ключовими критеріями. Насамперед аналізується джерело інформації, тобто перевіряється, чи є посилання на офіційний державний домен (.gov.ua) або перевірений міжнародний фонд, а також виявляються маніпулятивні скорочувачі посилань на кшталт bit.ly чи t.me, що можуть перенаправляти на сторонні ресурси. Важливим є і стилістичний аналіз, зокрема звертається увага на використання капслоку, надмірну кількість знаків оклику та заклики до негайних дій, які часто застосовуються у фішингових повідомленнях. Додатково проводиться технічна перевірка профілю автора через аналіз дати створення акаунту, що дозволяє виявити нові або так звані «сплячі» профілі, які раптово активізувалися. Окрему роль відіграє оцінка географічної логіки повідомлення, тобто зіставлення змісту новини з реальною ситуацією в місті, що допомагає відфільтрувати неправдоподібні повідомлення, наприклад фейки про евакуацію з районів, де це фізично неможливо.

Технічні налаштування модерації спрямовані на посилення захисту соціальних платформ від бот-атак і автоматизованого спаму. Для Facebook-груп доцільно впроваджувати інструмент Admin Assist із налаштуванням автоматичних правил, які відхиляють публікації від користувачів без фото профілю або з новоствореними акаунтами. Ефективним є також використання фільтрації за ключовими словами, що дозволяє автоматично блокувати коментарі з підозрілими маркерами, такими як «виплати», «грошова допомога» або «карта обстрілів», якщо вони не опубліковані адміністраторами. Додатково рекомендується обмежувати можливість публікації посилань у коментарях для нових учасників, які приєдналися до спільноти менш ніж добу тому. У випадку Telegram-каналів важливу роль відіграє використання антиспам-ботів, які вимагають проходження простої капчі для нових учасників, що дозволяє відсіяти більшість автоматизованих скриптів. Також доцільно обмежувати можливість пересилання повідомлень із підозрілих каналів у локальні чати обговорень.

Окрім технічних заходів, важливою складовою є протидія через соціальну інженерію, яка передбачає створення мережі довірених джерел. Це реалізується через формування так званих «білих списків», зокрема регулярно закріплення у верхній частині групи переліку офіційних каналів обласної та міської



військової адміністрації, а також перевірених волонтерських ініціатив. Важливою є і взаємодія між адміністраторами різних спільнот, яка може бути організована у вигляді закритого каналу для обміну інформацією. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на нові хвилі фішингу, адже у випадку появи шахрайського контенту в одній групі інші адміністратори можуть бути попереджені практично миттєво.

Психолого-технічний захист користувача (Кібергігієна). Психолого-технічний захист користувача, або кібергігієна, ґрунтується на поєднанні простих поведінкових моделей і базових технічних навичок безпеки. Для мешканців прифронтового регіону пропонується зрозумілий алгоритм швидкого реагування «Виявив - Перевірив - Повідомив», який дозволяє ефективно протидіяти підозрілому контенту. На першому етапі користувач має навчитися розпізнавати так звані «емоційні гачки», адже повідомлення, що викликають різкий страх або надмірну радість, наприклад обіцянки безкоштовних виплат чи попередження про негайну небезпеку, часто є маніпулятивними і потребують критичного сприйняття. Далі важливо здійснити перевірку інформації за принципом «трьох джерел», тобто порівняти отримані дані з офіційними каналами, зокрема перевірити новину з соціальних мереж на офіційному сайті чи сторінках відповідних органів влади. Завершальним кроком є повідомлення про підозрілий контент, що передбачає не лише ігнорування, а й активну дію у вигляді надсилання скарги платформі та інформування адміністратора спільноти, що дозволяє зупинити подальше поширення шахрайських матеріалів.

Також важливою складовою є адаптація інструкцій із безпеки для вразливих груп населення, зокрема людей похилого віку або тих, хто перебуває у стані підвищеного стресу. Особлива увага у цьому контексті приділяється обов'язковому використанню двофакторної автентифікації у таких сервісах, як Facebook і Telegram, яка розглядається як базовий рівень захисту. Використовувати рекомендується не лише SMS-підтвердження, а й спеціальні додатки-автентифікатори, що є більш надійними у випадках нестабільного мобільного зв'язку. Також окремо підкреслюється необхідність захисту персональних даних, зокрема суворе дотримання правила ніколи не вводити реквізити банківської картки, CVV-код або паролі від онлайн-банкінгу на сторонніх ресурсах, навіть якщо вони візуально імітують офіційні сервіси. Додатковим елементом безпеки на випадок втрати пристрою або доступу до номера телефону є формування так званої цифрової «тривожної валізи», що передбачає збереження резервних кодів доступу та налаштування контактів для відновлення облікового запису.

Головний висновок полягає в тому, що цифрова стійкість Херсона можлива лише за умови синергії між волонтерами, адміністраторами спільнот і



фахівцями з кібербезпеки, оскільки самі по собі технічні засоби не є достатніми. Така взаємодія дозволяє перетворити локальний сегмент соцмереж із зони ризику на більш безпечне середовище, зменшуючи вплив шахрайства та ворожих ІІсО й забезпечуючи кращий захист даних і суспільних настроїв.

УДК 004.85:658.78

Євген БОЯРСЬКИЙ

*студент 4 курсу спеціальності "Комп'ютерні науки",
Херсонський національний технічний університет*

Ірина ЛУР'Є

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук*

Наталія КОРНІЛОВСЬКА

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук*

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ З NLP-ІНТЕРФЕЙСОМ

Вступ та актуальність теми. Забезпечення оптимального рівня товарних запасів є критичним фактором стабільності підприємств. За даними McKinsey, неефективне управління запасами призводить до заморожування від 20 до 30 % обігових коштів підприємства, а також створює постійні ризики виникнення дефіциту товарів, що безпосередньо веде до втрати виручки [2]. Класичні підходи, засновані на ретроспективній статистиці та експертних оцінках, не здатні ефективно адаптуватися до волатильності попиту. Мета роботи – розробка десктопної системи з модулем прогнозування на основі машинного навчання та NLP-інтерфейсом для взаємодії з БД без знання SQL.

Аналіз предметної області та вибір архітектурних рішень. Існуючі ML-рішення для управління запасами переважно є хмарними SaaS-продуктами. Їхня висока вартість, іноземне походження та критична залежність від інтернет-з'єднання обмежують доступність для бізнесу [5]. Запропоновано архітектуру автономного додатка на Python 3.13, що усуває потребу в серверах. СУБД SQLite зберігає дані локально у файлі .db, попередня агрегація виконується бібліотеками pandas і numpy, навчання моделі TFT – фреймворками PyTorch та PyTorch Lightning, а розробка графічного інтерфейсу і візуалізація – засобами CustomTkinter та matplotlib. Архітектуру наведено в таблиці 1.



Таблиця 1.

Архітектура розробленої системи

Модуль	Функції та технології
Сховище даних	СУБД SQLite. Реляційна структура: номенклатура товарів, склади, облік. Зберігання у єдиному .db файлі
Прогнозування	Модель TFT (PyTorch + Lightning). Горизонт прогнозування – 14 діб; вікно історичних даних – 30 діб.
NLP-шлюз	Мовна модель Gemini 2.5 Flash (SDK Google Generative AI). Перетворення природномовних запитів у безпечні SQL-інструкції (Text-to-SQL).
Графічний інтерфейс	Фреймворк – CustomTkinter, графіки – Matplotlib. Модулі: Номенклатура, Замовлення, Надходження, Інвентаризація, Користувачі, Налаштування, Прогноз, Асистент ШІ.

Математичне забезпечення модуля прогнозування. Для вибору оптимального методу прогнозування попиту проведено порівняльний аналіз моделей ARIMA, XGBoost та Temporal Fusion Transformer, результати якого наведено в таблиці 2.

За результатами аналізу ядром модуля обрано Temporal Fusion Transformer. Модель налаштована на горизонт 14 діб із вікном 30 діб. Вона одночасно обробляє статичні атрибути, календарні події та історичні продажі. Компонент Variable Selection Network динамічно визначає значущість ознак, а Gated Residual Network відфільтровує нерелевантну інформацію.

Таблиця 2.

Порівняння методів прогнозування попиту

Критерій	ARIMA	XGBoost / LightGBM	Temporal Fusion Transformer
Нелінійні залежності	Не підтримує (лінійна)	Підтримує	Підтримує



Продовження таблиці 2.

Часова послідовність	Вбудована	Потребує генерації ознак	Вбудована
Різномірні входи	Не підтримує	Частково	Повноцінно
Довірчі інтервали	Обмежені	Відсутні	Квантильні
Інтерпретованість	Висока	Середня	Висока (VSN)
Масштабованість	Низька	Висока	Висока

Підготовка даних включає агрегацію транзакцій з SQLite та заповнення пропусків. Для збагачення ознак застосовано тригонометричне кодування календарних циклів, функцій синуса та косинуса. Це усуває хибні розриви лінійного часу на межах періодів, дозволяючи ідентифікувати приховані сезонні патерни. Для формування довірчих інтервалів під час навчання нейромережі використовується глобальна функція квантильної втрати, що оптимізується для всієї множини часових рядів:

$$\mathcal{L} = \sum_{y_t \in \omega} \sum_{q \in Q} \sum_{\tau=1}^{\tau_{max}} \frac{\max(q * (y - \hat{y}), (1 - q) * (\hat{y} - y))}{M \tau_{max}}$$

де ω – набір тренувальних даних (часових рядів), що складається з M елементів; y та \hat{y} – фактичні та спрогнозовані моделлю значення відповідно; q – цільовий квантиль з множини досліджуваних квантилів Q ; τ_{max} – максимальний горизонт прогнозування.

Такий математичний апарат дозволяє системі одночасно генерувати три сценарії попиту: песимістичний ($q = 0.1$), медіанний ($q = 0.5$) та оптимістичний ($q = 0.9$). Завдяки вбудованим механізмам уваги та вибору змінних, результати прогнозування супроводжуються візуалізацією значущості локальних факторів, що забезпечує інтерпретованість рішень штучного інтелекту.

Інтеграція інтерфейсу природної мови. NLP-інтерфейс дозволяє взаємодіяти з базою даних без знання SQL, що знижує операційні витрати на навчання персоналу. Оскільки локальний запуск великих мовних моделей



потребує значних апаратних ресурсів, обробку запитів делеговано хмарній моделі Gemini 2.5 Flash через API.

За парадигмою Text-to-SQL запит користувача разом зі схемою БД передається неймережі, яка генерує JSON-відповідь із готовим SQL-запитом до СУБД SQLite. Приклади трансформації запитів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3.

Приклади перетворення NLP-запитів у JSON-команди

Запит користувача	Сформований JSON-об'єкт
“Яких товарів на складі залишилось менше 20 штук?”	{“message”: “Знайдено товари з критичним залишком”, “sql”: “SELECT name, quantity FROM products WHERE quantity < 20;”}
“Скільки всього позицій було у замовленні №5?”	{“message”: “Кількість позицій у вказаному замовленні”, “sql”: “SELECT COUNT(*) FROM order_items WHERE order_id = 5;”}

Важливо зазначити архітектурне протиріччя: система позиціонується як автономна, однак NLP-модуль потребує активного інтернет-з'єднання. Це протиріччя вирішено на рівні проектування: NLP-шлюз є обов'язковим компонентом, і в разі відсутності з'єднання користувач може повноцінно працювати з усіма функціями системи через графічний інтерфейс – фільтри, форми введення та кнопки керування. Таким чином, NLP-функціональність є доповненням до основного GUI, а не його заміною.

Висновок. Спроектовано десктопну систему управління запасами, яка завдяки технологічному стеку з Python 3.13, SQLite та PyTorch працює автономно без розгортання серверної інфраструктури. Для предиктивного модуля обрано архітектуру Temporal Fusion Transformer. Застосування квантильної функції втрат дозволяє формувати три сценарії прогнозу попиту ($q = 0.1 / 0.5 / 0.9$). Інтегрований NLP-модуль на базі моделі Gemini 2.5 Flash залишається опціональним компонентом.

Подальші етапи роботи спрямовані на практичну валідацію моделі TFT на реальних історичних даних із використанням метрик WAPE, MAE та Bias для остаточного налаштування предиктивного модуля системи.



ЛІТЕРАТУРА

1. Lim B., Arik S. Ö., Loeff N., Pfister T. Temporal Fusion Transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting. International Journal of Forecasting. 2021. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.03.012>
2. Davies R., Meron D. Transforming the culture of managing working capital. McKinsey & Company. – URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/transforming-the-culture-of-managing-working-capital>
3. X5Tech. Temporal Fusion Transformer: покращення прогнозування в рітейлі з мінімальними витратами. Habr. 2024. URL: <https://habr.com/ru/companies/X5Tech/articles/869750/>
4. Долгіх А. О., Байбуз О. Г. Аналіз методів, моделей та програмних засобів прогнозування часових рядів. Вісник КрНУ. 2018. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt_2018_79_10
5. Жарська І. О., Хачірова Ю. С. Сучасні моделі управління запасами на підприємстві. Економіка та суспільство. 2023. URL: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2023-11-12-312-313-192-196>
6. Кузьменко О. В., Сергеева О. Р., Орлова В. М. Використання інформаційних систем в управлінні торговельним підприємством. Економіка та держава. 2025. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-156>

УДК 004.8:004.94

Надія БУГАЙОВА,
студентка

Світлана ВИШЕМИРСЬКА,

кандидат технічних наук, доцент

кафедра інформатики і комп'ютерних наук,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

АНАЛІТИКА ІГРОВОГО ДОСВІДУ: ВАЛІДАЦІЯ НАРАТИВНОГО ДИЗАЙНУ В ДЕТЕКТИВНИХ СИСТЕМАХ

Залучення гравців через якісний наратив є важливим фактором успішності сучасних ігор. Індустрія поступово переходить від інтуїтивних методів до datadriven підходів, використовуючи системи аналітики (Unity Analytics, GameAnalytics) для відстеження взаємодії гравців з ігровим контентом [1].



Однак існує критична проблема: дані збираються розрізнено з різних ігрових систем (діалоги, дослідження локацій, взаємодія з об'єктами), що ускладнює комплексний аналіз впливу наративних технік на залученість. Розробники не можуть об'єктивно визначити, які способи подачі історії працюють ефективніше.

Детективні інтерактивні системи є оптимальним об'єктом дослідження, оскільки вимагають активної взаємодії з різними джерелами інформації, робота з інформацією в них є основною ігровою механікою, та вони мають чітку мету для об'єктивної оцінки ефективності наративних рішень.

Об'єктом дослідження є процеси взаємодії користувачів з наративно орієнтованими детективними інтерактивними системами та методи збору й обробки даних про поведінку користувачів під час взаємодії з різними формами подачі наративного контенту.

Предметом дослідження є методи консолідації поведінкових метрик користувачів (час взаємодії з об'єктами, послідовність дій, частота повернення до інформації, успішність розв'язання задач) для валідації ефективності різних наративних технік – драматична або нейтральна подача, візуальні чи текстові форми, лінійна або нелінійна структура – у детективних інтерактивних системах.

Для формального аналізу слідчого процесу використовується концептуальна модель 4Е, розроблена на основі методології обґрунтованої теорії (Grounded Theory). Ця модель циклічно формалізує процес розслідування, поділяючи його на два циклічних процеси (рис. 1):

1. Цикл Спостереження: Exploration (гравець досліджує локацію) – Elicitation (підказки з'являються та розпізнаються).
2. Цикл Дедукції: Experimentation (гравець формує та перевіряє гіпотези на основі підказок) – Evaluation (винесення остаточного висновку) [2].

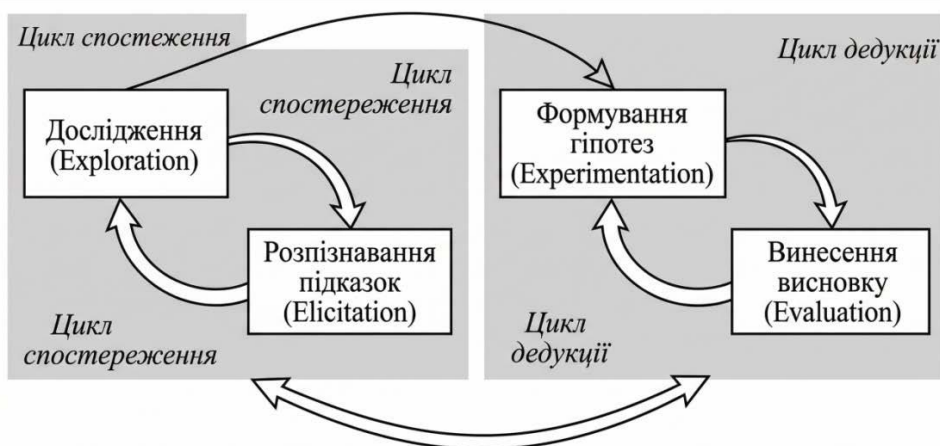


Рис. 1. Концептуальна модель 4Е для формалізації циклу детективного розслідування.



Кількісна валідація базується на психологічних моделях, чії метрики дозволяють оцінювати поведінку гравця. Модель PENS (Player Experience of Need Satisfaction) базується на теорії самодетермінації та визначає, що ігровий досвід є захоплюючим, якщо задовольняються базові психологічні потреби в автономії та компетентності, що у детективних іграх означає значущість виборів користувача та їхній вплив на розвиток розслідування [3].

Компетентність та автономія є центральними для валідації детективного ігрового досвіду, оскільки вони найкраще піддаються кількісному вимірюванню. Компетентність об'єктивно вимірюється ефективністю гравця у знаходженні ключових доказів та успішністю розв'язання загадок. Автономія же об'єктивно вимірюється свободою гравця обирати послідовність розслідування, маршрути пересування та гілки діалогу.

Планується розробити систему, де сюжет формалізується у вигляді графа залежностей улік, де вузли представляють докази, а ребра – логічні зв'язки між ними. Для імітування поведінки гравців планується використати віртуальних агентів на основі гібридної моделі, що поєднує компонент NavMeshAgent для навігації та користувацький скрипт для прийняття рішень. Моделювання динамічної поведінки агента здійснюватиметься за допомогою марківських ланцюгів [4], що описуються матрицею переходу ймовірностей P . Внутрішні стани агента будуть класифіковані як:

– S1: Дослідження хибних слідів (взаємодія з доказами, що веде до хибної гіпотези).

– S2: Ефективний прогрес (взаємодія з доказами, що веде до правильного розв'язання).

– S3: Нерелевантне відволікання (перевірка нецільових об'єктів в сцені) (рис. 2). Для забезпечення повного контролю над схемою даних та обсягом подій використовується файловий формат JSON/CSV.

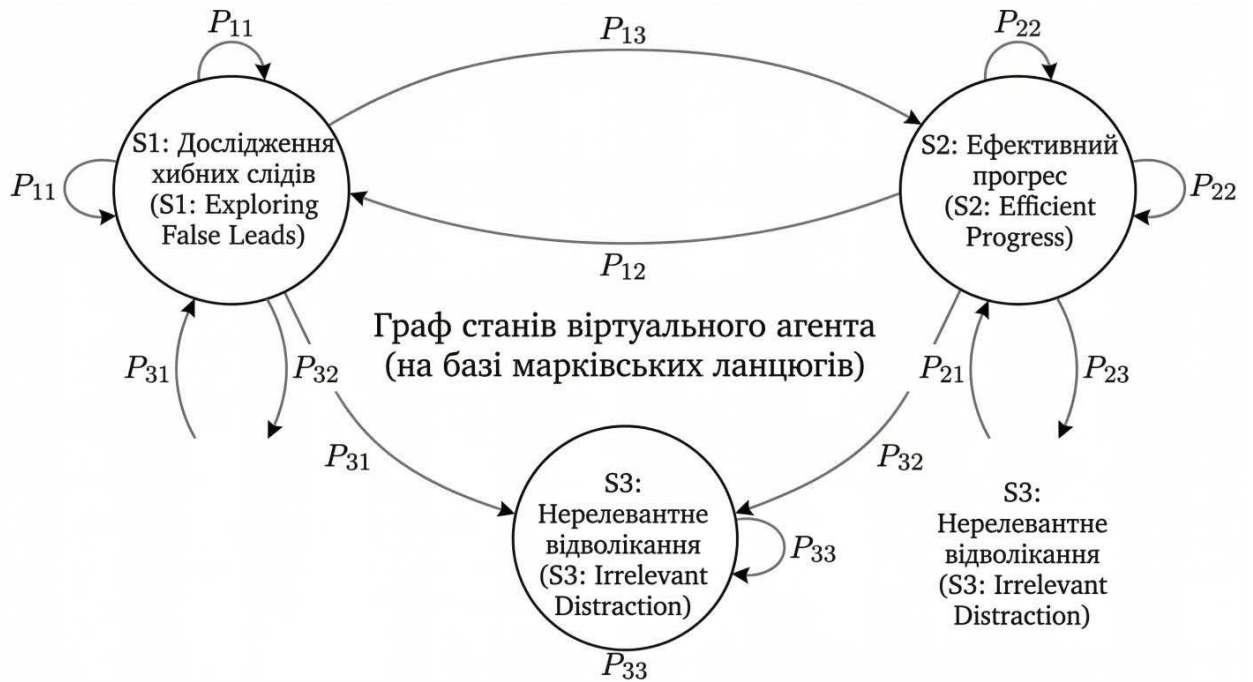


Рис. 2. Граф станів віртуального агента на основі марківських ланцюгів.

Система логування є автономною та фіксує ключові параметри для кожної дії:

- Timestamp: Точний час події.
- ObjectID: Ідентифікатор об'єкта.
- ActionType: Тип взаємодії (Raycast Hit, Collider Enter, Interact Button Press).
- Position: Координати агента в момент події.
- ZoneID/RoomID: Ідентифікатор кімнати.
- Path Length: Довжина шляху, пройденого з моменту останньої ключової події.

Метрики валідації. Для оцінки ефективності нарративних технік використовуватимуться такі консолідовані метрики:

- Engagement Rate: процент користувачів, що взаємодіяли з контентом.
- Discovery Rate: процент знаходження ключових улік.
- Time Efficiency: середній та медіанний час взаємодії.
- Comprehension Rate: успішність розв'язання задач. Висновки. На

поточному етапі виконано огляд літератури та визначено теоретичні основи дослідження. Обрано концептуальну модель 4E як базис для формалізації слідчого процесу та модель PENS для теоретичного обґрунтування поведінкових метрик. Розроблено архітектуру системи консолідації метрик та визначено набір ключових показників для валідації нарративних технік.



Подальші етапи включають: розробку прототипу детективної гри, реалізацію системи консолідації та логування метрик, створення моделей віртуальних агентів на основі марківських ланцюгів, проведення експериментального дослідження та аналіз отриманих даних для валідації ефективності різних наративних рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fernández-Vara C. Introduction to Game Analysis / C. Fernández-Vara. New York : Routledge, 2011. 216 p.
2. Marques P. et al. A Conceptual Model for the Analysis of Investigation Elements in Games / P. Marques et al. // Proceedings of the 19th International Conference on the Foundations of Digital Games. 2024.
3. Ryan R. M. The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach / R. M. Ryan et al. // Motivation and Emotion. 2006. Vol. 30. P. 344– 360.
4. Lozada T. R. Modeling Individual Differences in Game Behavior Using HMM / T. R. Lozada. Електрон. ресурс. URL: https://www.researchgate.net/publication/324166951_Modeling_Individual_Differences_in_Game_Behavior_using_HMM.

УДК 004.5:159.9.072

В.О. ВАРНАВСЬКИЙ,

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Державний університет «Житомирська політехніка»,
м.Житомир, Україна*

І.В. ВАРНАВСЬКА,

*кандидат педагогічних наук, доцент,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон-Кропивницький, Україна*

ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КОГНІТИВНА ПСИХОЛОГІЯ: ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ З УРАХУВАННЯМ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ КОРИСТУВАЧА

Сучасна парадигма розробки програмного забезпечення (ПЗ) виходить за межі суто технічної реалізації алгоритмів, фокусуючись на глибокій інтеграції з когнітивними та емоційними структурами людської психіки. В умовах



цифрової трансформації суспільства та необхідності подолання наслідків кризових станів, що є надзвичайно актуальним для післявоєнного відновлення України, проектування інтерфейсів має базуватися на міждисциплінарному підході. Ключовим аспектом тут виступає симбіоз класичної інженерії інформаційних систем та когнітивної психології, що дозволяє створювати адаптивні цифрові середовища.

Фундаментальні засади проектування інформаційних систем, викладені у працях О. Коваленко та Л. Добровської (2020), акцентують увагу на системному аналізі та суворій методології життєвого циклу ПЗ. Проте, технічно досконала система може виявитися неефективною, якщо вона не враховує психологічний контекст користувача. Паралельно з цим, дослідження М. Смульсон та колективу авторів (2024) вказують на те, що проектування віртуального освітнього простору має бути спрямоване на розвиток суб'єктності дорослих. Суб'єктність у цьому контексті – це здатність користувача зберігати контроль, приймати виважені рішення та відчувати власну ефективність навіть під тиском стресових чинників. Емоційно-орієнтована інженерія стає містком, що поєднує ці два підходи, впроваджуючи механізми розпізнавання та реагування на стан людини.

Когнітивне навантаження є одним із центральних показників, який необхідно враховувати при проектуванні. Користувач, що перебуває у стані психоемоційної напруги або втоми, демонструє зниження обсягу короткочасної пам'яті та сповільнення реакцій. У таблиці 1 наведено порівняльний аналіз вимог до інтерфейсу в залежності від емоційного фону користувача, що базується на принципах ергономіки та психології сприйняття.

Таблиця 1.

Адаптація елементів інтерфейсу до емоційного стану

Психоемоційний стан	Когнітивна особливість	Вимога до інтерфейсу	Технічне рішення (ПЗ)
Висока тривожність	Звуження поля уваги, тунельний зір.	Максимальне спрощення, акцент на головній дії.	Приховування другорядних віджетів, збільшення контрасту кнопок дії.
Емоційне вигорання	Зниження мотивації, апатія, повільна обробка даних.	Підтримка суб'єктності через позитивний фідбек.	Гейміфікація малих кроків, автоматичне заповнення форм.
Стан гніву/фрустрації	Імпульсивність, схильність до помилкових кліків.	Захист від критичних помилок, "м'який" інтерфейс.	Підтвердження видалення даних, збільшення зон клікабельності.



Продовження таблиці 1.

Норма (Спокій)	Висока здатність до навчання, багатозадачність	Повний функціонал, надання широкого інструментарію.	Кастомізація робочого простору, складні ієрархічні меню.
-------------------	--	---	--

Прикладом практичного впровадження таких принципів є розробка систем для віртуального освітнього простору. Якщо система фіксує ознаки втоми користувача (наприклад, через аналіз затримок при введенні тексту або хаотичні рухи курсору), вона може запропонувати перерву або змінити форму подачі матеріалу з тексту на аудіовізуальний контент. Це безпосередньо корелює з ідеями М. Смульсон щодо розвитку суб'єктності дорослих: система не примушує, а адаптується, допомагаючи людині залишатися в ресурсному стані.

Проектування інформаційних систем сьогодні включає використання складних математичних моделей для оцінки інтерфейсів. Наприклад, закон Фіттса або закон Хіка мають бути доповнені "емоційними коефіцієнтами", які враховують похибку на стресовий стан. В інженерному сенсі це реалізується через створення архітектурних модулів, які відповідають за семантичний аналіз дій користувача в реальному часі.

Таблиця 2.

Порівняння традиційного та емоційно-орієнтованого проектування

Параметр порівняння	Традиційне проектування (за Коваленко, 2020)	Емоційно-орієнтоване проектування (за Смульсон, 2024)
Цільова функція	Виконання бізнес-логіки та функціональних вимог.	Створення сприятливого психологічного клімату взаємодії.
Роль користувача	Оператор системи, джерело вхідних даних.	Активний суб'єкт, чий стан впливає на логіку системи.
Зворотний зв'язок	Повідомлення про помилки або успіх операції.	Емпатичні підказки, адаптивна складність завдань.
Критерій якості	Надійність, швидкість, відсутність багів.	Психологічний комфорт, збереження когнітивного ресурсу.

Особливе місце в інженерії ПЗ займає етап тестування. Традиційне Unit-тестування або інтеграційне тестування повинно бути доповнене емоційним юзабіліті-тестуванням. Прикладом може бути використання методу "Think Aloud" (думай вголос) у поєднанні з моніторингом пульсу або трекінгом погляду. Якщо при виконанні стандартного сценарію в освітньому середовищі



у користувача спостерігається різке зростання пульсу, це є сигналом для інженера про необхідність редизайну конкретного вузла системи.

Впровадження таких підходів у процес післявоєнного відновлення України є стратегічно важливим. Програмне забезпечення для державних послуг, освітні платформи для перекваліфікації дорослих та системи психологічної підтримки мають проектуватись з урахуванням того, що значна частина користувачів перебуває у стані хронічного стресу. Інтерфейс має стати "безпечною гаванню", де мінімізовано ризик помилки та максимізовано підтримку користувача.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що інтеграція когнітивної психології в інженерію програмного забезпечення – це не просто тренд, а необхідна умова створення конкурентоспроможних та гуманних ІТ-продуктів. Використання методологій проектування ІС у поєднанні з концепцією розвитку суб'єктності у віртуальному просторі дозволяє вийти на новий рівень якості ПЗ, де людина та технологія існують у гармонійному та продуктивному симбіозі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проектування віртуального освітнього простору розвитку суб'єктності дорослих в умовах післявоєнного відновлення України (2024) : монографія / М.Л. Смульсон, П.П. Дітюк, М.М. Назар, Д.С. Мещеряков, О.В. Зінченко, Д.Ю. Старков [та ін.]; за ред. М. Л. Смульсон. Київ. 217 с.

2. Проектування інформаційних систем: Загальні питання теорії проектування ІС (2020): навч. посіб. / О.С. Коваленко, Л.М. Добровська. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 192с.

УДК 004.65:004.62:004.738.5

Владислав ВАСЕНКО

студент кафедри комп'ютерних наук,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

Ірина ЛУР'Є

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

Наталія КОРНІЛОВСЬКА

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон



ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ETL-КОНСОЛІДАЦІЇ ТОВАРНИХ ДАНИХ ДЛЯ CMS ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ

Вступ та актуальність теми. Управління товарним каталогом інтернет-магазину передбачає регулярне внесення позицій з різнорідних джерел – сайтів виробників, прайс-листів, технічних специфікацій. При ручному введенні каталог у 50-100 позицій потребує кількох робочих днів і містить помилки форматування, дублікати та розбіжності. Комерційні рішення (Octoparse – від ~\$119/міс., Import.io – від ~\$299/міс.) є недоступними для малого бізнесу, а повністю кодовані рішення на Scrapy вимагають кваліфікації розробника [1, 2]. Водночас у літературі відсутні описи комплексних ETL-конвеєрів, побудованих виключно на безкоштовних інструментах із можливістю часткового ручного втручання на кожному етапі.

Наукова новизна роботи полягає у формалізації трикомпонентного ETL-конвеєра для консолідації товарних даних із запропонованим алгоритмом автоматичного балансування HTML-розмітки та кількісній верифікації ефективності системи за метриками якості даних і продуктивності.

Метою дослідження є розробка, формалізація та експериментальна апробація системи ETL-консолідації товарної інформації на основі безкоштовних інструментів із кількісним обґрунтуванням її ефективності.

Аналіз існуючих рішень. ETL-процеси є усталеною методологією переміщення даних між різнорідними системами [1]. Веб-скрапінг активно використовується для агрегації контенту електронної комерції [2]. Серед програмних інструментів найбільшого поширення набули Scrapy, BeautifulSoup та Selenium [3, 4]. Браузерне розширення WebScaper.io дозволяє створювати сценарії скрапінгу без написання коду [5]. Для систематизації вибору проведено порівняльний аналіз існуючих підходів (табл. 1).

Таблиця 1.

Порівняльний аналіз підходів до автоматизації наповнення каталогу

<i>Критерій</i>	<i>Scrapy + Python</i>	<i>Octoparse</i>	<i>Запропонований</i>
Вартість	Безкоштовно	від \$119/міс.	Безкоштовно
Поріг входу	Високий	Низький	Низький
Робота з динамічним контентом	Через Splash/Selenium	Вбудовано	Вбудовано
Нормалізація даних	Код вручну	Обмежено	Apps Script



Продовження таблиці 1.

Завантаження у CMS	Через API/Selenium	Не підтримує	Selenium
Ручна корекція між етапами	Ні	Частково	Так (Google Sheets)
Серверна інфраструктура	Потрібна	Хмара вендора	Не потрібна

Як видно з таблиці, запропонований підхід є одним із підходів, що поєднує нульову вартість, низький поріг входу, повний цикл ETL та можливість ручної корекції на проміжному етапі.

Формалізація запропонованого підходу. Нехай множина товарних записів джерела $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ де кожен запис d_i є кортежем атрибутів $d_i = (name_ua, name_en, sku, price, volume, availability, img_url, desc_html)$

ETL-процес визначається як композиція трьох відображень:

$$R = L(T(E(D))), \quad (1)$$

де $E: WWWWW \rightarrow D_1$ – функція вилучення (Extract), $T: D_1 \rightarrow D_2$ – функція нормалізації (Transform), $L: D_2 \rightarrow CMS$ – функція завантаження (Load). Система реалізує ці відображення трьома компонентами: E – WebScaper.io, T – Google Spreadsheets з Apps Script, L – Python/Selenium.

Загальну архітектуру ETL-конвеєра наведено на рис. 1.

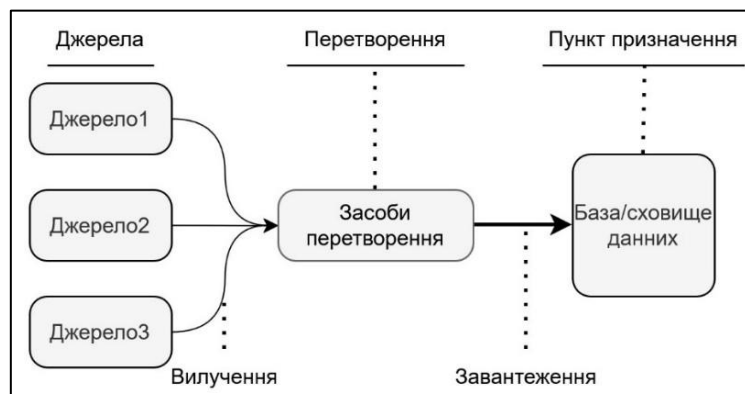


Рис. 1 – схема ETL-процесу

Eman Extract. WebScaper.io реалізує ієрархічну структуру селекторів: кореневий (сторінка каталогу) – pagination – link (сторінка товару) – атрибутивні селектори третього рівня. Для динамічного контенту застосовано селектори Element click та Element scroll down із затримкою 3 с між запитами відповідно до robots.txt. Результатом є таблиця D_1 з n рядків та 20 стовпців сирих даних, експортована до Google Spreadsheets.



Eman Transform. Ключовою задачею є нормалізація HTML-розмітки описів товарів. Запропоновано алгоритм автоматичного балансування тегів. Для вхідного рядка алгоритм виконує:

1. Видалення небезпечних тегів;
2. Нормалізацію згідно множини дозволених тегів (p, ul, li, strong, em);
3. Балансування відкритих/закритих тегів;
4. Усунення дублювання тегів;

Алгоритм не є повноцінним HTML-парсером і працює лише для наперед визначеного підмножини тегів. Обчислювальна складність алгоритму становить $OO(|h| \cdot |S|)$, де $|h|$ – довжина рядка та $|S|$ – кількість дозволених тегів (потужність множини S). Додатково реалізовано макрос стандартизації тексту (заміна невидимих символів, уніфікація тире) та макрос визначення формату зображень за сигнатурою перших 4 байтів (magic bytes): *JPEG* – FF D8 FF; *PNG* – 89 50 4E 47; *WebP* – байти 0-3: 52 49 46 46, байти 8-11: 57 45 42 50.

Eman Load. Python-скрипт автоматично завантажує нормалізовані записи D_2 у CMS через браузерну автоматизацію Selenium. Для роботи з WYSIWYG-редактором CKEditor застосовано програмне перемикання в режим вихідного коду з вставкою через `execute_script()`. Для видалення медіаконтенту реалізовано ітеративний алгоритм з очікуванням AJAX: на кожній ітерації підраховується кількість DOM-елементів k , видаляється перший, далі скрипт очікує стану $k-1$ з таймаутом 2 с.

Результати експериментальної апробації. Систему апробовано на каталозі косметичної продукції ($n = 61$ товарна позиція, 20 атрибутів на позицію). Вимірювання часу проведено для трьох режимів: повністю ручне введення (оператор із досвідом), напівавтоматичне (копіювання з джерела) та автоматизоване (запропонована система). Для кожного режиму зафіксовано час обробки кожної позиції. Результати наведено у таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати порівняльного експерименту

Показник	Ручне	Напівавтоматизоване	Автоматизоване
Середній час на позицію, с	середній час ~372 с (стандартне відхилення ± 48 с при $n=5$ вимірюваннях)	середній час ~185 с (стандартне відхилення ± 31 с при $n=5$ вимірюваннях)	середній час ~28 с (стандартне відхилення ± 4 с при $n=5$ вимірюваннях)
Повний каталог (61 поз.), хв	≈ 378	≈ 188	≈ 28



Продовження таблиці 2.

Коефіцієнт прискорення К	1.0 (базовий)	2.0	13.29
Помилки форматування, %	8.2	4.9	не помічено помилок (менше 0.5%)
Пропущені атрибути, %	6.5	3.1	менше 0.5%
Повнота даних (Completeness)	0.935	0.969	0.999

Коефіцієнт прискорення обчислено за формулою:

$$K = \frac{\bar{T}_{manual}}{\bar{T}_{auto}}, \quad (2)$$

де \bar{T} – середній час обробки однієї позиції для відповідного режиму. Для повністю автоматизованого режиму $KK = 372/28 \approx 13.29$.

Метрику повноти визначено як частку заповнених атрибутів від загальної кількості обов'язкових полів [6]:

$$C = \frac{N_{filled}}{N_{total}}, \quad (3)$$

Автоматизована система забезпечила $C = 0.999$, що принципіально означає повне заповнення всіх обов'язкових атрибутів для кожної з 61 позиції. При ручному введенні зафіксовано 79 пропущених атрибутів на 1220 обов'язкових (61×20), що відповідає 6.5% та дає $C = 0.935$. Окремо зафіксовано 100 атрибутів із помилками форматування (8.2%), які не враховуються у метриці повноти C , але відображені у таблиці 2.

Висновок. Формалізовано та експериментально апробовано трикомпонентну ETL-систему консолідації товарних даних для CMS інтернет-магазину. Запропоновано алгоритм автоматичного балансування HTML-тегів зі складністю $O(|h| \cdot |S|)$. Порівняльний аналіз із двома альтернативами (Scrapy, Ostorparse) підтвердив, що запропонований підхід є безкоштовним рішенням із повним циклом ETL та можливістю ручної корекції. Експериментальна апробація на каталозі з 61 позиції продемонструвала коефіцієнт прискорення $K = 13.29$ та повноту даних $C = 0.999$ проти $C = 0.935$ при ручному введенні. Подальший розвиток доцільно спрямувати на інтеграцію з API постачальників та автоматичне оновлення цін і статусів наявності.



ЛІТЕРАТУРА

1. Vassiliadis P., Simitsis A., Skiadopoulos S. Conceptual modeling for ETL processes. Proceedings of the 5th ACM international workshop on Data Warehousing and OLAP. 2002. P. 14–21.
2. Krotov V., Johnson L., Silva L. Tutorial: Legality and Ethics of Web Scraping. Communications of the Association for Information Systems. 2020. Vol. 47. DOI: 10.17705/1CAIS.04724.
3. Mitchell R. Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web. 2nd ed. O'Reilly Media, 2018. 306 p.
4. Selenium Contributors. Selenium WebDriver Documentation. 2024. URL: <https://www.selenium.dev/documentation/>
5. WebScraping.io Documentation. URL: <https://webscraper.io/documentation>
6. Batini C., Scannapieco M. Data and Information Quality: Dimensions, Principles and Techniques. Springer, 2016. 500 p.

УДК 574:004.2

Марія ВОРОНЕНКО,

*к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна.*

Максим СОРОКОВСЬКИЙ,

*здобувач вищої освіти кафедри інформатики і комп'ютерних наук,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна.*

ВИКЛИКИ ТА ЦИФРОВІ РІШЕННЯ НА БАЗІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Вступ. Сучасний етап розвитку ІТ характеризується безпрецедентною складністю обчислювальних систем. Стрімка діджиталізація, інтеграція гетерогенних пристроїв Інтернету речей (ІоТ), розгортання телекомунікаційних мереж шостого покоління (6G) та безперервна еволюція кіберзагроз вимагають принципово нових підходів до управління ресурсами. Традиційні детерміновані методи оптимізації виявляються неефективними в умовах високорозмірних даних через проблему комбінаторного вибуху та експоненційне зростання обчислювальної складності [3].

Відповіддю на ці фундаментальні бар'єри стало широке впровадження генетичних алгоритмів — класу стохастичних методів пошуку та оптимізації, які імітують процеси природного відбору, мутації та спадковості [3].



Рис.1 Ілюстраційна діаграма архітектура генетичного алгоритму

Архітектура генетичного алгоритму (рис. 1) ґрунтується на маніпулюванні популяцією можливих рішень, кожне з яких кодується у вигляді специфічної структури даних — хромосоми. Кожен індивід у популяції оцінюється за допомогою цільової функції придатності, що дозволяє алгоритму працювати з мінімальними апіорними припущеннями щодо властивостей самої задачі. Процес еволюції популяції керується трьома основними генетичними операторами: селекцією, схрещуванням та мутацією [4].

Постановка проблеми. Незважаючи на те, що завдяки імпліцитному паралелізму ГА забезпечують оптимальний баланс між широким дослідженням простору та детальною експлуатацією знайдених оптимумів, традиційні детерміновані методи оптимізації виявляються неефективними в умовах високорозмірних даних. Це відбувається через проблему комбінаторного вибуху та експоненційне зростання обчислювальної складності [3]. Сучасні дослідження вказують на низку критичних викликів у ключових ІТ-сферах:

Хмарні обчислення: Експоненційне зростання кількості дата-центрів призвело до колосального споживання електроенергії. Класичні жадібні евристики зосереджуються на локальних мінімумах і не здатні адаптуватися до глобальних змін навантаження [6].

Мережі 6G та IoT: Управління гетерогенними екосистемами з ультрамасивним підключенням стикається з постійною зміною навантажень. Традиційні системи на основі правил є детермінованими і не масштабуються. Алгоритми рою часток страждають від стагнації у складних середовищах, а класичні ГА можуть мати тривалий час збіжності, високу обчислювальну вартість для динамічних задач та ризик генетичного дрейфу [5].

Кібербезпека: Традиційні сигнатурні методи виявлення вторгнень не здатні розпізнавати новітні загрози, а методи на основі аномалій генерують



неприпустимо високий рівень хибних спрацювань у мережах з обмеженими ресурсами [1].

Експерименти та практична реалізація. Для подолання цих обмежень у 2024-2026 роках відбувається активна гібридизація ГА з технологіями паралельних обчислень, моделями штучного інтелекту та концепціями «відкритої еволюції» [5].

Оптимізація хмарних обчислень (Green Cloud Computing). Генетичні алгоритми вирішують проблему термо-енергетичної ефективності через багатоцільову оптимізацію. Функція придатності комплексного еволюційного алгоритму одночасно оцінює і мінімізує енергоспоживання, кількість порушень угод про рівень обслуговування (SLA) та ресурсомістких міграцій. Практичні симуляції доводять, що використання ГА дозволяє зменшити загальне споживання енергії на 53–54,2% (рис. 2), знизити кількість порушень SLA на 3,5–4,3% та скоротити кількість міграцій віртуальних машин на понад 64% [7].

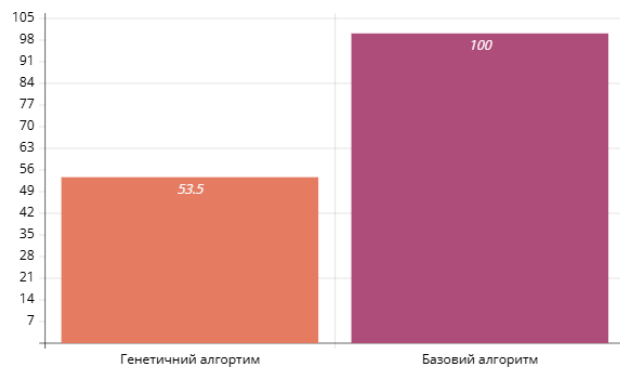


Рис.2 Діаграма ефективності Green Cloud

Більше того, українськими науковцями розроблено передовий гібридний метод маршрутизації задач у хмарному середовищі, який поєднує інструментарій нейромережевого прогнозування із генетичною оптимізацією. Цей підхід дозволяє не лише мінімізувати час очікування в чергах, але й динамічно балансувати інформаційне, енергетичне та теплове навантаження серверів, запобігаючи перегріву обладнання [8].

Оптимізація мереж 6G-IoT: розроблено фреймворки багатокритеріальної машинної класифікації, які інтегрують ГА з класифікаторами керованого навчання та механізмами ансамблевого злиття рішень [2].

Виявлення кібератак: впроваджуються комплексні моделі, що поєднують ГА з глибоким навчанням. Генетичний алгоритм відповідає за оптимізацію відбору ознак із сирих масивів мережевого трафіку, що дозволяє компоненту глибокого навчання будувати значно точніші класифікатори [9].

Концепція GENOME: одним із найбільш революційних напрямків є оптимізація великих мовних моделей (LLM) [4]. Замість традиційного



донавчання розроблено фреймворк безградієнтної оптимізації GENOME (GENetic Optimization for Model Evolution) [10].

Висновок. У межах виконаної роботи доведено, що генетичні алгоритми переживають етап концептуального ренесансу. Зіткнувшись із викликами масштабованості хмарних платформ, динамічністю 6G/ІоТ-інфраструктур та адаптивністю кіберзагроз, традиційні оптимізатори вичерпали свій ресурс. Завдяки здатності до глобального паралельного пошуку та синергії з алгоритмами глибокого навчання, ГА стали фундаментальним інструментом для розв'язання надскладних ІТ-задач. Вони забезпечують базис для Green Cloud Computing, формують адаптивну оборону в кіберпросторі та демократизують процеси розробки генеративного штучного інтелекту завдяки безградієнтній еволюції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тренди кібербезпеки 2024 року InDevLab, URL: <https://indevlab.com/uk/blog-ua/trendi-kiberbezpeki-2024-roku/>
2. Intelligent 6G IoT Configuration Optimisation Using Multi-Algorithm Machine Learning Classification - ІІЕТА, URL: <https://www.iieta.org/download/file/fid/192149>
3. Qualities, challenges and future of genetic algorithms: a literature review - INET Oxford, URL: <https://www.inet.ox.ac.uk/publications/qualities-challenges-and-future-of-genetic-algorithms-a-literature-review>
4. Five Decades of Genetic Algorithms: A Systematic and Bibliometric Review (1975-2025), URL: https://www.researchgate.net/publication/400692618_Five_Decades_of_Genetic_Algorithms_A_Systematic_and_Bibliometric_Review_1975-2025
5. Qualities, Challenges and Future of Genetic Algorithms | Semantic Scholar, URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Qualities%2C-Challenges-and-Future-of-Genetic-Vi%2C-A9/08eabc3fe2459c4b13083bb580b375c68f0e25d2>
6. Optimized Cloud Resource Allocation Using Genetic Algorithms for ..., URL: <https://arxiv.org/abs/2504.17675>
7. A genetic algorithm-based virtual machine scheduling algorithm for energy-efficient resource management in cloud computing - ResearchGate, URL: https://www.researchgate.net/publication/381952146_A_genetic_algorithm-based_virtual_machine_scheduling_algorithm_for_energy-efficient_resource_management_in_cloud_computing
8. Болсун С. В., Казимир В. В. Гібридний метод маршрутизації задач у хмарному середовищі з використанням нейромережового прогнозування та генетичної оптимізації, URL : <https://ir.stu.cn.ua/bitstreams/843e9e44-fe67-434d-a635-337861d03fce/download>



9. Integrated Genetic Algorithm and Deep Learning Approach for Effective Cyber-Attack Detection and Classification in Industrial In, URL: <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstreams/89daaea3-cde0-4ec5-ba87-468b49d80b52/download>

10. Nature-Inspired Population-Based Evolution of Large Language ..., URL: <https://arxiv.org/pdf/2503.01155>

УДК 004.42; 004:67

Віктор ГОНЧАР,

*студент гр. БІП 3-22, факультет інженерії
та інформаційних технологій,
Київський національний
університет технологій та дизайну*

Тетяна ДЕМКІВСЬКА,

*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій, Київський національний університет
технологій та дизайну*

СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ШИФРУВАННЯМ КЛЮЧІВ ДОСТУПУ

У сучасному динамічному цифровому світі, де більшість бізнес-процесів перенесено у хмарні середовища та розподілені мережі, захист конфіденційної інформації відіграє ключову роль у забезпеченні життєздатності організацій. На сьогодні шифрування є найбільш надійним методом невербального захисту даних, проте стійкість будь-якої криптосистеми визначається не лише складністю алгоритму, а й ефективністю управління ключами. Проблема компрометації, втрати або несанкціонованого копіювання ключів доступу є критичною загрозою, що може призвести до масштабних витоків інформації. Тому розробка та впровадження спеціалізованих програмних рішень для автоматизації життєвого циклу криптографічних об'єктів є фундаментальною частиною побудови сучасного захищеного інформаційного периметра [1].

В умовах стрімкого розвитку кіберзлочинності та постійної появи нових методів атак, системним адміністраторам та фахівцям із безпеки, які не мають вузькоспеціалізованої підготовки у сфері вищої математики та криптографії, стає все важче самостійно організувати безпечне збереження та регулярну ротацію сотень унікальних ключів [2]. Саме тому виникає гостра потреба у використанні програмних продуктів, які виступають «єдиною точкою довіри» та допомагають здійснювати грамотне адміністрування секретів. Згідно з



аналізом ринку засобів кібербезпеки, проведеним у роботі [3], встановлено, що більшість наявних систем управління ключами (KMS) орієнтовані на великі корпорації, мають закриту архітектуру та високу вартість обслуговування. Їх функціонал часто перевантажений надлишковими інструментами для інтеграції з глобальними хмарами, тоді як сектор малого бізнесу потребує локальних, швидких та надійних утиліт з прозорою логікою роботи. Крім професійних комплексів, ринок пропонує прості менеджери паролів, проте вони нерідко мають обмежені можливості щодо контролю термінів дії ключів та не підтримують гнучке розмежування прав доступу між персоналом. Також існує ряд недоліків у безкоштовних рішеннях: вони часто потребують значного часу на попереднє налаштування, що підвищує поріг входження для недосвідчених користувачів.

Таким чином, розробка програмного рішення у вигляді інтерактивної системи «CryptoKey Manager» з використанням сучасних патернів проектування є актуальним завданням. Це дозволить користувачам автоматизувати складні криптографічні операції, забезпечуючи високий рівень захисту без необхідності залучення сторонніх дорогих консультантів з безпеки.

Головними перевагами розробленого програмного рішення «CryptoKey Manager» є забезпечення логічної перевірки стійкості генерованих ключів (аналіз ентропії, перевірка довжини та відповідності стандартам FIPS), відображення статусів безпеки в реальному часі та автоматичне надання рекомендацій щодо заміни ключів у разі їх застарівання. Особливістю системи є реалізація механізму «Master Key», що дозволяє шифрувати всю базу даних одним головним ключем, який не зберігається у системі у відкритому вигляді. Програма надає повний спектр CRUD-операцій для керування записами через адміністративну панель, що дозволяє гнучко редагувати метадані ключів та налаштовувати рівні доступу. Для зручності тривалої роботи користувача передбачено можливість персоналізації інтерфейсу: зміна кольорової схеми (світла/темна теми), масштабування елементів керування та шрифтів, а також повна локалізація інтерфейсу на декілька мов.

На рис.1 представлена UML-діаграма прецедентів (Use Case Diagram) для розробленого програмного рішення «CryptoKey Manager». Наведена діаграма детально ілюструє основні сценарії взаємодії користувачів із системою, а також визначає межі функціональності для різних ролей. В архітектурі системи чітко розмежовано права двох акторів: Користувача та Адміністратора. Користувач взаємодіє з системою для генерації секретів, перегляду власних доступів та копіювання ключів, тоді як Адміністратор володіє розширеним інструментарієм для керування обліковими записами, аудиту дій та налаштування глобальних політик безпеки сховища.



Рис.1. UML-діаграма прецедентів

Для розробки зазначеного програмного рішення було обрано стек технологій від компанії Microsoft, що гарантує високу стабільність та сумісність. Об'єктно-орієнтована мова програмування C# використана для реалізації математично складних алгоритмів AES та RSA, а також для побудови надійної бізнес-логіки з використанням технології LINQ для швидкої фільтрації даних. Платформа WPF у поєднанні з мовою розмітки XAML дала змогу створити сучасний графічний інтерфейс з апаратним прискоренням, що базується на патерні MVVM [4], забезпечуючи повне розділення візуальної частини від коду обробки даних. Для збереження інформації використано локальну реляційну СУБД SQLite, яка завдяки своїй портативності не потребує окремого сервера, а використання розширень для шифрування бази забезпечує захист даних навіть у разі фізичного викрадення файлу сховища. Проектування інтерфейсу здійснювалося в хмарному сервісі Figma, що дозволило створити ергономічний UI/UX дизайн.

Створений програмний продукт є завершеним інструментом для широкого кола споживачів — від системних адміністраторів до рядових користувачів, які прагнуть захистити свої цифрові активи. Система дозволяє суттєво мінімізувати час на рутинні операції з ключами та нівелювати ризики, пов'язані з використанням слабких паролів чи застарілих методів шифрування.



ЛІТЕРАТУРА

1. Barker E. B. Guideline for Chosen Key Management Methods. NIST Special Publication 800-57. 2020. Part 1, Rev. 5. 162 p. URL: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-57pt1r5> (date of access: 24.03.2026).
2. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 8th ed. London : Pearson, 2023. 928 p. URL: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/cryptography-and-network-security-principles-and-practice/P200000003255> (date of access: 24.03.2026).
3. Гнатюк С. О., Юдін О. К., Корченко О. О. Сучасні криптографічні системи управління ключами: стан та перспективи розвитку. Захист інформації. 2024. №1. С. 15-28. URL: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/ZI> (date of access: 24.03.2026).
4. MVC, MVP, and MVVM: Simple in Appearance, Powerful in Practice – Leapcell – URL: <https://leapcell.medium.com/mvc-mvp-and-mvvm-simple-in-appearance-powerful-in-practice-2bfc39494d91> (date of access: 24.03.2026).

УДК 004.7

Анжела ГРИГОРОВА,

*к.т.н., доцент, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж,
Херсонський національний технічний університет, м.Херсон, Україна*

Микита МОКЛЯК,

*здобувач першого(бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 125 «Кібербезпека та захист інформації»,
Херсонський національний технічний університет, м.Херсон, Україна*

КОНЦЕПЦІЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КРИПТОГРАФІЧНОГО МОДУЛЯ TRM

Криптографічний модуль TRM був створений для забезпечення базових функцій захисту на апаратному рівні. Але стрімке зростання обсягів даних, ускладнення кіберзагроз і підвищення вимог до інформаційної безпеки стимулюють пошук нових підходів та способів використання модуля TRM.

Одним з перспективних напрямів є трансформація TRM із допоміжного засобу в центральний елемент архітектури, який функціонує як універсальний криптографічний шлюз. У такій моделі всі інформаційні потоки системи будуть проходити через апаратні механізми шифрування, дешифрування та контролю доступу. Це дозволить принципово змінити підхід до забезпечення кібербезпеки та сформуванню нову парадигму, в якій захист інтегрується на апаратному рівні функціонування системи [1, 2].



У межах цієї концепції TRM перетворюється на центральний компонент, відповідальний за обробку всієї інформації. Такі операції як запис даних на носій, передача мережею або обробка процесором, могли б автоматично оброблятися із застосуванням криптографічних алгоритмів. Це дозволить досягти максимально можливого рівня конфіденційності та цілісності даних. Криптографічні ключі при цьому залишаються ізольованими всередині TRM, що унеможливує їх витік або використання сторонніми суб'єктами. Навіть у випадку компрометації операційної системи або впровадженні шкідливого програмного забезпечення, доступ до інформації залишається обмеженим, оскільки відсутній механізм отримання ключів дешифрування.

Важливою перевагою такого підходу є забезпечення цілісності даних, оскільки всі операції проходять безпосередньо через TRM. Модуль отримує можливість контролювати будь-які зміни інформації та перевіряти їх на відповідність встановленим політикам безпеки. Це дозволяє ефективно протидіяти широкому спектру атак. У результаті такого підходу отримуємо захищене середовище, в якому будь-яка несанкціонована дія стає неможливою без відповідних криптографічних ключів і дозволів.

Додатково централізація механізмів автентифікації та контролю доступу в TRM відкриває можливості для реалізації складних і гнучких політик безпеки, що враховують не лише права користувачів, а й інші параметри.

В той же час, повна централізація криптографічних функцій у TRM має суттєві обмеження. Однією з основних проблем є зниження продуктивності системи. Криптографічні операції, навіть за наявності апаратної підтримки, потребують додаткових ресурсів і часу. Ще одна проблема - масштабованість. Класичні реалізації TRM не розраховані на постійну обробку великих потоків даних.

Для реалізації запропонованої концепції необхідна модернізація модуля або його інтеграція безпосередньо в центральний процесор, оперативну пам'ять та підсистеми введення-виведення. Це ускладнює архітектуру обчислювальної системи, підвищує вартість апаратного забезпечення та вимагає нових інженерних підходів до проектування систем [3].

Додатковим ризиком є формування єдиної точки відмови. У разі повної залежності системи від TRM - будь-яка його несправність, вразливість або фізичне пошкодження можуть призвести до повної втрати доступу до даних або зупинки роботи системи. Це підвищує вимоги до надійності модуля та необхідність впровадження механізмів резервування і відновлення. Питання сумісності з існуючим програмним забезпеченням також залишаються актуальними, оскільки не всі операційні системи та застосунки здатні ефективно функціонувати в умовах тотального шифрування на рівні кожної операції.



З огляду на зазначені обмеження, перспективним напрямом є впровадження гібридної моделі функціонування TRM. У такій архітектурі модуль виступає не як єдиний виконавець усіх криптографічних операцій, а як центральний координатор політик безпеки, управління ключами та контролю довіри. Основне обчислювальне навантаження при цьому розподіляється між спеціалізованими апаратними компонентами, інтегрованими на різних рівнях системи. Це дозволяє зменшити затримки, підвищити продуктивність і водночас зберегти високий рівень захисту інформації.

Важливим елементом удосконаленої моделі є використання механізмів динамічної генерації криптографічних ключів. У цьому випадку ключі створюються для окремих процесів, сесій або навіть окремих операцій, що забезпечує високий рівень ізоляції даних. Навіть у разі компрометації одного елемента системи доступ до інших даних залишається обмеженим.

Додатково значний потенціал має інтеграція TRM із механізмами довіреного виконання, що дозволяє забезпечити контроль цілісності програмного середовища та перевірку автентичності коду перед його виконанням. Це відкриває можливості для створення ізольованих середовищ, у яких можуть безпечно виконуватися критично важливі операції.

Актуальність запропонованої концепції значною мірою визначається сучасними тенденціями розвитку інформаційних технологій, такими як поширення хмарних сервісів, розподілених обчислень і віддаленого доступу до ресурсів. У таких умовах традиційні програмні засоби захисту не забезпечують повного контролю над життєвим циклом даних. Використання TRM як централізованого елемента управління довірою дозволяє реалізувати наскрізний захист незалежно від середовища обробки або передачі інформації.

Подальший розвиток цієї концепції передбачає впровадження адаптивних механізмів шифрування, які змінюють рівень захисту залежно від контексту виконання, типу даних і рівня загрози. У такій моделі TRM виконує роль інтелектуального контролера, що аналізує стан системи та приймає рішення щодо оптимального використання криптографічних алгоритмів. Це дозволяє досягти балансу між безпекою та ефективністю використання ресурсів.

Перспективним також є напрям інтеграції функціоналу TRM безпосередньо в архітектуру процесорів нового покоління. У цьому випадку криптографічні операції стають невід'ємною частиною базових обчислювальних процесів, що дозволяє суттєво знизити затримки та підвищити загальну продуктивність системи. Такий підхід формує основу для створення нової генерації обчислювальних систем, у яких безпека закладена на апаратному рівні.

Трансформація TRM у центральний елемент управління довірою є перспективним напрямом розвитку кібербезпеки, який дозволяє забезпечити



високий рівень захисту даних і сформувати нову архітектуру обчислювальних систем. Водночас реалізація цієї концепції потребує подальшого вдосконалення апаратного забезпечення, оптимізації криптографічних процесів і вирішення проблем продуктивності та надійності. У довгостроковій перспективі такий підхід здатен стати основою для побудови високонадійних інформаційних систем стійких до кіберзагроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи довіреного платформеного модуля. Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/security/hardware-security/tpm/tpm-fundamentals> (дата звернення 20.03.2026)
2. Що таке модуль TPM?. Microsoft Support. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/topic/%D1%89%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B5-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C-tpm-705f241d-025d-4470-80c5-4feeb24fa1ee> (дата звернення 18.03.2026)
3. Огляд технології довіреного платформеного модуля. Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/security/hardware-security/tpm/trusted-platform-module-overview> (дата звернення 18.03.2026)

УДК 004.9:658.8

Юрій ГРИЦУК

к.т.н., доц., доцент кафедри

інформаційних технологій та аналітики даних

Національний університет «Острозька академія», м. Острог

МАРКЕТИНГОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА БАЗІ NO-CODE ПЛАТФОРМ: АРХІТЕКТУРА ТА ІНТЕГРАЦІЯ

На сьогоднішній день малі та мікропідприємства відіграють роль ключового рушія економіки, проте майже 50% з них припиняють свою діяльність протягом перших п'яти років, причому однією з головних причин є неадекватна або погано реалізована маркетингова стратегія [1]. В умовах цифрової економіки управління взаємовідносинами з клієнтами вимагає переходу від інтуїтивних підходів до рішень, керованих даними (data-driven marketing).

Дослідження показують, що маркетингові команди використовують лише близько 33% можливостей свого технологічного стеку, а до 25% бюджету витрачається на інструменти, які дублюють один одного або взагалі не інтегровані в загальну систему [2]. Головними бар'єрами для малого бізнесу



залишаються брак фінансування та відсутність вузькоспеціалізованих ІТ-компетенцій у власників чи менеджерів.

Ефективною відповіддю на ці виклики стала стрімка еволюція low-code та no-code (LCNC) платформ. Ці технології змінюють процес розробки програмного забезпечення, дозволяючи користувачам створювати складні додатки та налаштовувати автоматизацію за допомогою візуальних інтерфейсів та готових шаблонів без необхідності написання програмного коду [3]. За оцінками аналітичних компаній та галузевих оглядів, до 65–70% нових корпоративних застосунків у найближчі роки розроблятимуться із використанням low-code/no-code підходів [4].

Такий підхід сформував феномен «citizen development» (громадянська розробка). Нетехнічні співробітники, які володіють глибоким розумінням бізнес-процесів, можуть самостійно проєктувати цифрові рішення, що значно прискорює цифрову трансформацію на робочих місцях та знижує навантаження на класичні ІТ-відділи [5]. Використання no-code інструментів дозволяє мікропідприємствам розгортати маркетингові системи корпоративного рівня з мінімальними капіталовкладеннями.

Методологічною основою дослідження стали принципи системного аналізу, концептуального моделювання баз даних та інженерії програмного забезпечення. Узагальнення сучасних публікацій і практичних рішень дозволило виокремити наступні ключові функціональні підсистеми маркетингової інформаційної системи (МІС), реалізація яких можлива засобами no-code (рис. 1):

- Підсистема збору даних: підключення рекламних платформ, CRM, e-commerce, соціальних мереж, подієвих сервісів через готові конектори, API та вебхуки;
- Підсистема інтеграції та збагачення: побудова no-code ETL/ELT-процесів, нормалізація атрибутів (кампанія, канал, креатив), об'єднання ідентифікаторів клієнтів, застосування правил очищення даних;
- Підсистема зберігання даних: використання реляційних чи напівструктурованих no-code сховищ (табличні моделі Airtable-подібних систем, no-code CDP, інтеграція з хмарними DWH через візуальні конектори);
- Аналітична підсистема: побудова дашбордів та звітів для моніторингу воронки, ROI, LTV, атрибуції, ефективності каналів і кампаній із застосуванням готових шаблонів та інтеграцій із BI-сервісами;
- Підсистема автоматизації маркетингових процесів: моделювання сценаріїв лід-менеджменту, nurture-кампаній, тригерних розсилок, синхронізації сегментів та аудиторій між платформами за допомогою no-code workflow-рушіїв;



- Підсистема управління: засоби керування правами доступу, аудит змін, моніторинг працездатності інтеграцій і процесів, контроль відповідності політикам безпеки та захисту даних.

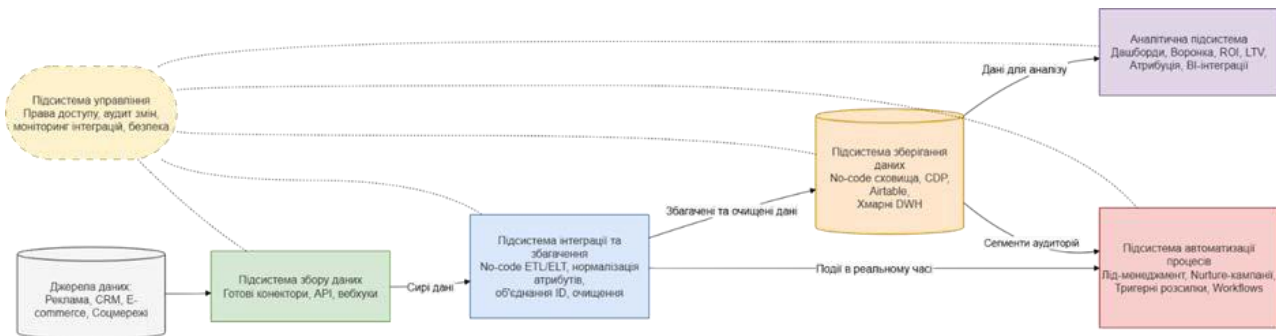


Рис. 1. Функціональні підсистеми МІС, реалізація яких можлива засобами no-code

Завдяки такій архітектурі тригерна подія (наприклад, заповнення вебформи) ініціює каскад автоматичних дій: оновлення профілю в CRM, створення картки завдання для менеджера та запис агрегованих даних для аналітики. Це повністю усуває ручне введення інформації та мінімізує час відгуку на запит клієнта, що в перспективі здатне підвищити конверсію та оптимізувати операційні витрати компанії.

Попри очевидні переваги гнучкості, неконтрольована інтеграція десятків мікросервісів створює серйозний ризик формування так званих «франкенштейн-стеків» (franken-tech stacks) [6]. Складність таких систем часто призводить до накопичення технічного боргу – прихованих витрат на підтримку системи, спричинених вибором швидких, але неоптимальних технічних рішень. У маркетингу технічний борг проявляється через перевищення лімітів API, десинхронізацію баз даних та виникнення leaky funnels, коли потенційні клієнти втрачаються на етапі передачі інформації між платформами. Проте, варто наголосити, що no-code платформи самі по собі не є причиною цього боргу; причиною є відсутність архітектурного бачення у нетехнічних спеціалістів.

Наскрізна маршрутизація клієнтських даних (зокрема, у фінансовому секторі) також актуалізує проблему дотримання вимог щодо захисту конфіденційності, наприклад, таких як GDPR [7]. Передача персональної інформації через інтегратори типу Zapier та створення дублюючих баз у



загальнодоступних інструментах вимагає від підприємства проведення обов'язкового картування даних. Відсутність прозорого розуміння того, де саме зберігаються дані в розгалуженому no-code стеку, ускладнює процеси видалення або модифікації інформації за запитом користувача, що становить значний юридичний та репутаційний ризик.

Таким чином, проектування маркетингових інформаційних систем на базі no-code платформ відкриває для мікропідприємств широкі можливості для масштабування, автоматизації лідогенерації та впровадження data-driven підходів без залучення розробників. Однак створення стабільної омніканальної архітектури вимагає достатньо високого рівня технологічної дисципліни.

Успіх інтеграції залежить від суворої стандартизації номенклатури даних на етапі їх збору, регулярного моніторингу інтеграційних шлюзів та усвідомленого управління технічним боргом. Подальші дослідження у цій сфері доцільно спрямувати на розробку стандартизованих фреймворків безпеки та комплаєнсу для citizen-developed систем в умовах жорстких регуляторних обмежень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bahaudeen A. et al. Integration of Management Information Systems in Marketing Strategies for Enhanced Consumer Engagement. *Journal of Posthumanism*. 2025. Vol. 5, no. 5. P. 2985–3008.
2. Sculley D., Holt Gary, Golovin Daniel, Davydov Eugene, Phillips Todd, Ebner Dietmar, Chaudhary Vinay, Young Michael, Crespo Jean-Francois, and Dennison Dan. Hidden technical debt in Machine learning systems. *In Proceedings of the 29th International Conference on Neural Information Processing Systems - Volume 2 (NIPS'15)*, Vol. 2. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2503–2511.
3. Mou A. J. Martech stack adoption in SMEs: a review of automation, CRM, and AI integration. *American Journal of Advanced Technology and Engineering Solutions*. 2025. Vol. 1, no. 1. P. 348–381.
4. Burrige Casey. WordPress and the future of no-code: Must-know statistics for 2023. *GravityKit*. URL: <https://www.gravitykit.com/wordpress-no-code/> (date of access: 04.04.2026).
5. Davenport T. H., Barkin I. How AI-empowered 'citizen developers' help drive digital transformation. MIT Sloan. *MIT Sloan*. URL: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/how-ai-empowered-citizen-developers-help-drive-digital-transformation> (date of access: 04.04.2026).
6. Breaking Technical Debt's Vicious Cycle to Modernize Your Business. Devico. *IT outstaffing company for steady growth*. Devico. URL: <https://devico.io/blog/breaking-technical-debts-vicious-cycle-to-modernize-your-business> (date of access: 04.04.2026).



7. GDPR Relief for SMEs? EDPB and EDPS Weigh in on the EU's Simplification Plans. *Privacy World*. URL: <https://www.privacyworld.blog/2025/07/gdpr-relief-for-smes-edpb-and-edps-weigh-in-on-the-eus-simplification-plans/> (date of access: 04.04.2026).

УДК 004.056.55

Євгенія ДРОЗДОВА

старший викладач кафедри комп'ютерних систем та мереж

Віктор КОЗЕЛ

к.т.н., доц., доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

Олексій ІВАНЧУК

доктор філософії, асистент кафедри комп'ютерних систем та мереж

Херсонський національний технічний університет

ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У ЦИФРОВИХ СЕРВІСАХ НА ОСНОВІ ДЕРЕВ ХЕШУВАННЯ

Інтенсивний розвиток цифрових сервісів, хмарних платформ та розподілених інформаційних систем призводить до постійного зростання обсягів даних, що зберігаються та обробляються у корпоративних середовищах. У таких умовах одним із ключових завдань інформаційної безпеки є забезпечення контролю цілісності даних, тобто можливості виявлення будь-яких несанкціонованих змін інформації [1].

Класичні підходи до перевірки цілісності базуються на використанні криптографічних хеш-функцій. Однак для великих масивів даних повторне обчислення хешу всього набору інформації потребує значних витрат часу та обчислювальних ресурсів [2]. Тому у сучасних системах все ширше застосовуються ієрархічні методи хешування, зокрема дерева Меркла, які дозволяють ефективно перевіряти окремі фрагменти даних без необхідності обробки всього масиву [3].

Метою роботи є аналіз ефективності використання дерева Меркла для контролю цілісності даних у цифрових сервісах та оцінка їх практичної придатності для використання у бізнес-орієнтованих інформаційних системах.

Принцип організації дерева Меркла

Дерево Меркла - це двійкова ієрархічна структура, у якій листові вузли містять хеш-значення окремих блоків даних, а внутрішні вузли формуються шляхом хешування конкатенації значень дочірніх вузлів.



Нехай вихідний масив даних розбивається на n блоків B_1, B_2, \dots, B_n . Для кожного блоку обчислюється хеш $h_i = H(B_i)$, де $H(x)$ - криптографічна хеш-функція. Хеш внутрішнього вузла формується за правилом

$$h_{\text{parent}} = H(h_{\text{left}} \parallel h_{\text{right}})$$

У результаті формується кореневий хеш, який є компактним представленням стану всього набору даних (рис.1).

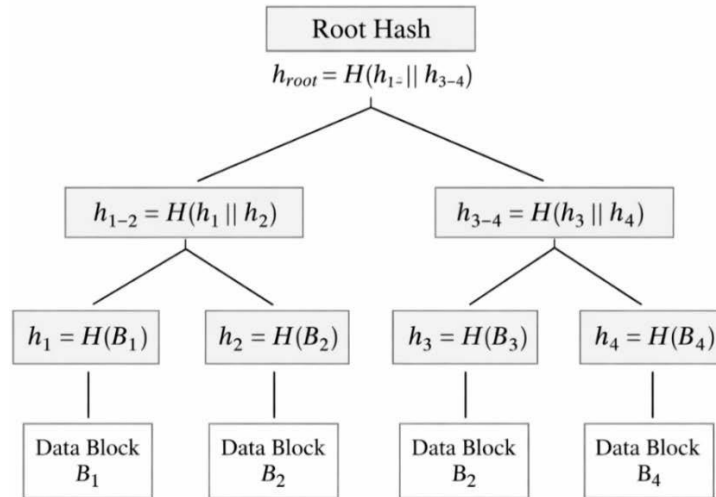


Рис.1. Дерево Меркла

Однією з важливих переваг дерева Меркла є ефективність основних операцій. Побудова структури потребує часу, пропорційному кількості блоків даних. Для перевірки цілісності окремого блоку немає потреби перераховувати хеш для всього набору даних, достатньо обчислити хеші лише для вузлів на шляху від відповідного листа до кореня дерева. Це суттєво зменшує обчислювальні витрати та прискорює перевірку.

Така властивість є особливо важливою при роботі з великими обсягами інформації, оскільки дозволяє швидко перевіряти окремі частини даних без необхідності обробляти весь масив. У результаті підвищується продуктивність систем зберігання та передавання даних.

Експериментальні результати

Для оцінки продуктивності було проведено експериментальне дослідження програмної реалізації дерева Меркла. Дерево представлено динамічною бінарною структурою даних, у якій кожен вузол містить хеш-значення та покажчики на дочірні вузли. Листові вузли відповідають блокам вихідних даних, для яких обчислюються первинні хеші, внутрішні вузли формуються шляхом хешування конкатенації значень дочірніх вузлів. Такий підхід дозволяє будувати дерево поступово та не потребує попереднього виділення пам'яті для всієї структури.



Метою експерименту було оцінити часові характеристики операцій побудови дерева та перевірки цілісності окремого блоку даних. У процесі дослідження використовувалися набори даних різного розміру, які розбивалися на блоки фіксованої довжини. Для кожного набору вимірювався час побудови дерева, а також середній час перевірки одного блоку шляхом обчислення хешів уздовж шляху від відповідного листа до кореня структури.

Для обчислення хеш-значень використовувалися криптографічні функції SHA-256 та національний стандарт хешування «Купина», визначений у ДСТУ 7564:2014 [4]. Використання двох різних алгоритмів дозволило порівняти їх вплив на продуктивність побудови дерева та перевірки даних. Хоча обчислення хешів за алгоритмом «Купина» потребувало дещо більшого часу, загальні закономірності зміни часових характеристик залишалися однаковими.

Отримані результати (табл.1) показали, що час побудови дерева зростає майже пропорційно кількості блоків даних, що підтверджує лінійну складність цієї операції $O(n)$. Час перевірки одного блоку змінюється значно повільніше і залежить лише від висоти дерева, маючи логарифмічний характер $O(\log n)$. Це підтверджує практичну ефективність використання дерева Меркла для контролю цілісності великих масивів даних.

Таблиця 1.

Результати експериментального дослідження

Кількість блоків	Обсяг даних	Час побудови (с)	Час перевірки (мс)
1 024	~4 МБ	0.018	0.030
32 768	~128 МБ	0.65	0.041
262 144	~1 ГБ	5.8	0.056
1 048 576	~4 ГБ	24.5	0.064

Порівняння методів контролю цілісності

Для оцінки ефективності підходу було проведено порівняння дерева Меркла з традиційними методами перевірки цілісності даних (табл.2).



Таблиця 2.

Порівняння методів контролю цілісності

Метод	Перевірка одного блоку	Масштабованість	Типові сфери застосування
Повне хешування файлу	$O(n)$	Низька	архіви, контроль файлів
Контрольні суми	$O(n)$	Середня	передача даних
Дерево Меркла	$O(\log n)$	Висока	хмарні сервіси, блокчейн

Отримані результати показують, що використання ієрархічних структур хешування значно підвищує ефективність контролю цілісності у великих інформаційних системах.

Практичне застосування у цифрових сервісах

Дерево Меркла може бути використане у різних типах бізнес-орієнтованих інформаційних систем.

У хмарних сервісах зберігання даних ця структура дозволяє перевіряти цілісність окремих файлів без необхідності завантаження всього набору інформації.

У системах резервного копіювання дерево Меркла використовується для швидкого визначення змінених блоків даних, що дозволяє передавати лише модифіковані фрагменти.

У фінансових інформаційних системах ієрархічні хеш-структури застосовуються для захисту журналів транзакцій від несанкціонованих змін.

Особливо широке застосування дерева Меркла отримали у блокчейн-технологіях, де вони використовуються для компактного представлення великої кількості транзакцій у межах одного блоку.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує ефективність використання дерев хешування для контролю цілісності великих масивів даних у цифрових сервісах. Ієрархічна структура забезпечує поєднання криптографічної надійності та високої алгоритмічної ефективності.

Експериментальні результати демонструють, що час побудови дерева зростає лінійно від кількості блоків, а перевірка окремого елемента має логарифмічну складність. Це робить запропонований підхід придатним для використання у масштабованих інформаційних системах, зокрема у хмарних сервісах, системах резервного копіювання та розподілених цифрових платформах.



ЛІТЕРАТУРА

1. Stallings W. Cryptography and network security: principles and practice. 7th ed. Boston : Pearson, 2017. 766 p.
2. Menezes A. J., van Oorschot P. C., Vanstone S. A. Handbook of applied cryptography. Boca Raton : CRC Press, 1996. 816 p.
3. Merkle R. C. A digital signature based on a conventional encryption function // Advances in Cryptology – CRYPTO '87. Lecture Notes in Computer Science. Berlin : Springer, 1988. Vol. 293. P. 369–378.
4. ДСТУ 7564:2014. Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Функція гешування «Купина». Чинний від 01.07.2015. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 40 с.

УДК 004.42; 004:67

*Данило ЄРОХІН,
студент гр. БІП2-22, факультет інженерії та
інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*
*Тетяна ДЕМКІВСЬКА,
кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ОБРОБКА ГОЛОСОВИХ КОМАНД

У сучасному світі технології розпізнавання мовлення є важливим напрямом розвитку систем штучного інтелекту та забезпечують природну взаємодію людини з комп'ютером. Основною метою даної роботи є розробка програмної системи, здатної ефективно розпізнавати голосові команди користувача та перетворювати їх у відповідні програмні дії [1].

Розпізнавання мовлення являє собою процес автоматичного перетворення аудіосигналу у текстове представлення з використанням математичних моделей, алгоритмів обробки сигналів і методів машинного навчання [2]. На відміну від розпізнавання голосу, яке використовується для ідентифікації особи, ASR орієнтоване саме на визначення змісту мовлення.

Сучасні системи розпізнавання мовлення базуються на поєднанні технологій обробки природної мови, машинного навчання та глибоких



нейронних мереж. Важливими характеристиками таких систем є точність розпізнавання, швидкодія, адаптивність до різних умов середовища та можливість роботи в реальному часі. Ефективність системи значною мірою залежить від якості акустичних моделей, алгоритмів виділення ознак та мовних моделей [3].

Оцінювання ефективності систем розпізнавання мовлення здійснюється за допомогою метрики Word Error Rate, яка визначає відношення кількості помилок до загальної кількості слів [4]. На точність системи впливають такі фактори, як якість аудіосигналу, рівень шуму, акцент мовця та швидкість мовлення.

Аналіз сучасних програмних рішень показав, що провідні позиції займають хмарні сервіси, такі як Google Speech-to-Text та Microsoft Azure Speech Service, які забезпечують високу точність і масштабованість. Водночас вони мають суттєві недоліки, зокрема залежність від інтернет-з'єднання, платну модель використання та потенційні ризики конфіденційності даних. Локальні рішення з відкритим кодом, такі як CMU Sphinx та Mozilla DeepSpeech, забезпечують автономність і контроль над даними, але поступаються за точністю та потребують значних ресурсів для налаштування.

Таким чином, існує суперечність між точністю хмарних рішень і автономністю локальних систем, що обґрунтовує необхідність розробки нової системи розпізнавання мовлення, яка поєднуватиме переваги обох підходів.

У межах даної роботи було розроблено програмне рішення «Ukraine Voice Assistant», яке реалізує функціонал розпізнавання та обробки голосових команд користувача в режимі реального часу. Основною метою системи є забезпечення зручної взаємодії користувача з комп'ютером за допомогою природної мови без необхідності використання клавіатури чи миші.

Архітектура програмного забезпечення побудована за модульним принципом і включає такі основні компоненти: модуль обробки аудіосигналу, модуль розпізнавання мовлення, модуль інтерпретації команд та модуль виконання дій. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість системи та можливість її подальшого вдосконалення.

На рис.1 представлена UML-діаграма прецедентів для програмного рішення «Ukraine Voice Assistant». Діаграма відображає основні сценарії використання системи та взаємодію користувача з її функціональними можливостями. У системі передбачено одного основного актора — користувача, який взаємодіє з асистентом через голосові команди.

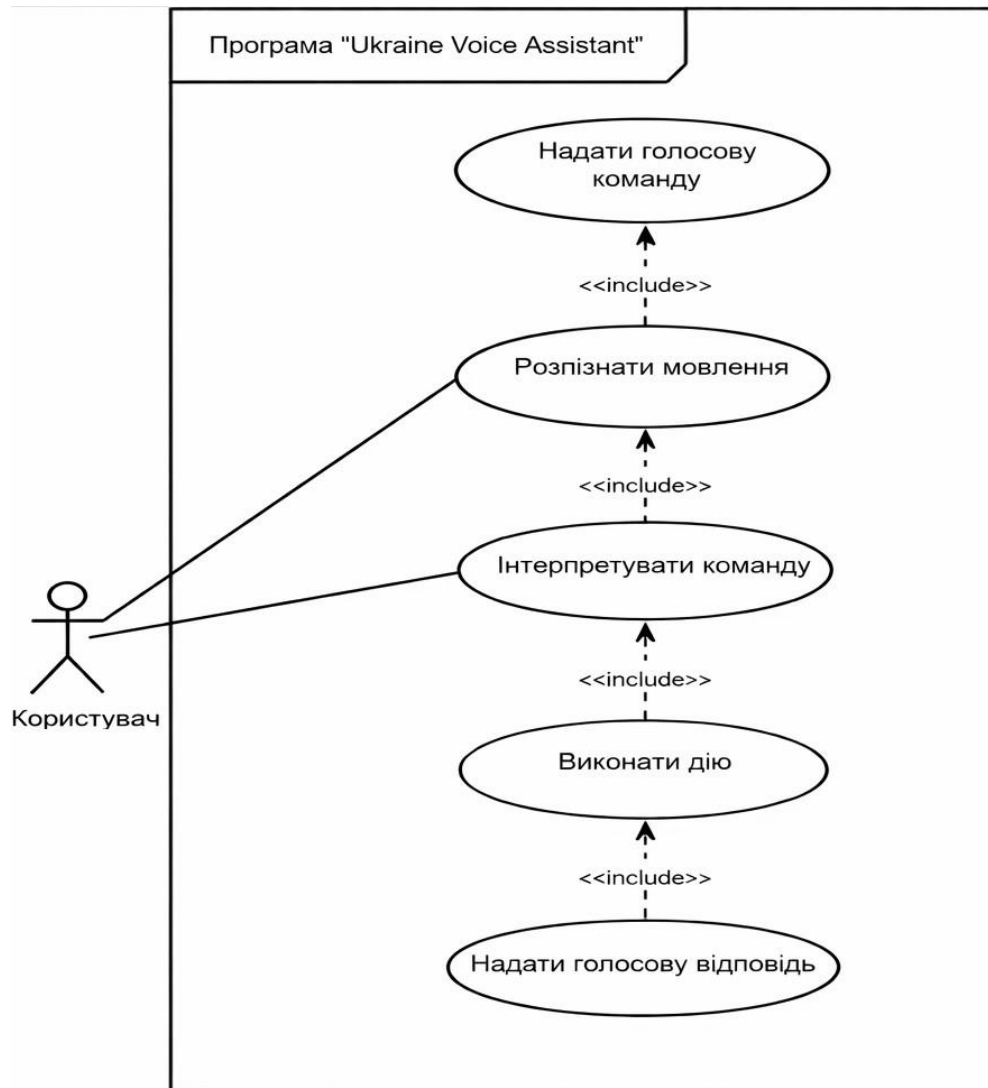


Рис. 1. UML-діаграма прецедентів

Для розробки зазначеного програмного рішення було використано сучасні технології та інструменти, орієнтовані на обробку мовлення та створення інтелектуальних систем. Мова програмування Python застосовується як основний засіб реалізації логіки роботи застосунку завдяки своїй простоті, гнучкості та широкому набору бібліотек для роботи зі штучним інтелектом. Зокрема, бібліотека `speech_recognition` використовується для перетворення мовлення у текст, `pyttsx3` — для синтезу голосових відповідей, а `fuzzywuzzy` — для підвищення точності розпізнавання та інтерпретації команд користувача.

Створений програмний продукт «Ukraine Voice Assistant» виступає зручним засобом для реалізації голосового керування комп'ютером, забезпечуючи швидку та природну взаємодію користувача із системою.



Реалізований функціонал дозволяє виконувати основні дії, здійснювати пошук даних і обробляти голосові запити в режимі реального часу, що сприяє підвищенню продуктивності роботи та покращенню користувацького досвіду. Завдяки простоті використання та інтуїтивному підходу до взаємодії система може бути ефективно застосована користувачами з різним рівнем технічної підготовки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рижко О. М., Крайнікова Т. С., Водолазька С. А., Ситник О. С. Штучний інтелект у медіях. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2023. 312 с. URL: <https://www.calameo.com/read/0076646982bcbbb09a350> (date of access: 01.04.2026).
2. Levis J., Suvorov R. Automatic Speech Recognition. URL: https://www.researchgate.net/publication/261287458_Automatic_Speech_Recognition (date of access: 01.04.2026).
3. Шаров С. В., Лубко Д. В., Осадчий В. В. Інтелектуальні інформаційні системи: навч. посіб. — Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. - 144 с. URL: <https://elar.tsatu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/11c9f493-a2db-4751-a78d-2235cf780846/content> (date of access: 01.04.2026).
4. Hannun A. et al. Deep Speech: Scaling up end-to-end speech recognition // arXiv preprint arXiv:1412.5567. — 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.5567> (date of access: 01.04.2026).
5. Литвин В. В., Р.Р. Даревич, Д.Г. Досин Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. 296 с. URL: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/ced49797-52eb-4d90-869b-8bdd961a418e/content> (date of access: 01.04.2026).

УДК 004:35:37

*Марина ЖАРИКОВА,
д.т.н., професор,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна*

МІЖНАРОДНА МАГІСТЕРСЬКА ПРОГРАМА З ЦИФРОВОГО ВРЯДУВАННЯ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК МОЖЛИВІСТЬ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ: ПРОЄКТ AI4GOV-X

Вступ

У сучасних умовах стрімкої цифровізації економіки та державного управління зростає попит на фахівців, здатних працювати на перетині штучного інтелекту, аналізу даних та цифрового врядування. Саме тому особливої



актуальності набувають міжнародні освітні програми, що забезпечують практико-орієнтовану підготовку та інтеграцію до європейського професійного середовища.

Основна частина

Херсонський національний технічний університет є учасником масштабного європейського проєкту **AI4GovAccelerate (AI4GOV-X)**, що реалізується в межах програми Digital Europe Programme . Проєкт об'єднує провідні університети, дослідницькі центри та організації з понад 20 країн Європи та спрямований на підготовку нового покоління фахівців для цифрової трансформації державного сектору.

Ключовим результатом проєкту є створення інноваційної міжнародної магістерської програми, яка поєднує сучасні знання у сферах штучного інтелекту, Data Spaces та цифрового врядування з практичним досвідом реалізації цифрових рішень у публічному секторі .

Особливістю програми є її гнучка структура, що передбачає:

- онлайн-навчання у міжнародному середовищі;
- модульний підхід із можливістю отримання мікрокваліфікацій;
- участь у міжнародних проєктах, воркшопах та літніх школах;
- практичну підготовку на основі реальних кейсів у сфері GovTech.

Навчання здійснюється із використанням сучасної цифрової платформи AI4Scale, яка забезпечує інтегроване освітнє середовище, доступ до навчальних матеріалів, інструментів співпраці та практичних завдань .

Особливу цінність програми становить її міжнародний характер. До викладання залучаються провідні європейські науковці та практики, а також експерти, які безпосередньо реалізують проєкти цифрової трансформації. За результатами навчання передбачається отримання диплома європейського зразка із залученням одного з провідних технічних університетів Європи — Politecnico di Milano, що відкриває широкі можливості для працевлаштування та кар'єрного розвитку.

Програма орієнтована на:

- студентів магістратури технічних, економічних та управлінських спеціальностей;
- молодих фахівців, які прагнуть працювати у сфері цифрових технологій;
- працівників органів державної влади та місцевого самоврядування.

Додатковою перевагою є можливість отримання фінансової підтримки для участі у міжнародних заходах, стажуваннях та навчальних активностях у межах проєкту .



Участь у програмі AI4Gov-X відкриває доступ до міжнародної мережі професіоналів, сучасних знань та практичних інструментів, необхідних для успішної кар'єри у сфері цифрової економіки та публічного управління.

Участь Херсонського національного технічного університету у проєкті AI4Gov-X сприяє інтеграції української освіти до європейського освітнього простору, впровадженню сучасних підходів до підготовки фахівців та підвищенню якості освітніх програм. Це особливо важливо в умовах цифрової трансформації суспільства та необхідності відновлення і розвитку державного управління на основі інноваційних технологій.

Важливим результатом проєкту є формування пан'європейської мережі співпраці у сфері цифрового врядування, яка об'єднує університети, наукові установи, державні органи та бізнес-структури. Така мережа створює умови для обміну знаннями, розвитку інновацій та впровадження передових технологій у публічному секторі.

Окремої уваги заслуговує механізм фінансової підтримки учасників програми, який реалізується через систему каскадного фінансування. Це дозволяє студентам та молодим фахівцям брати участь у міжнародних стажуваннях, літніх школах та інших освітніх заходах, що значно підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Наступні етапи (WP3–WP6) передбачають безпосередню реалізацію освітнього процесу, включаючи запуск магістерської програми, проведення онлайн-курсів, організацію практичних занять, стажувань та інноваційних активностей. Значна роль відводиться платформі AI4Scale, яка забезпечує інтегроване цифрове середовище для навчання, співпраці та виконання практичних завдань. Крім того, в межах проєкту функціонує інноваційна платформа AI4Engine, що сприяє взаємодії між учасниками екосистеми GovTech, аналізу трендів та пошуку нових можливостей для розвитку.

На початковому етапі (WP1–WP2) здійснюється аналіз існуючих освітніх практик, визначення потреб цільових груп, формування концепції програми та розробка її ключових компонентів. Особлива увага приділяється спільному створенню освітнього контенту із залученням представників академічного середовища, державного сектору та бізнесу, що забезпечує актуальність та практичну спрямованість навчання.

Важливою складовою проєкту AI4Gov-X є його комплексна структура реалізації, що передбачає поетапне впровадження освітніх, технологічних та організаційних компонентів. Проєкт триває 48 місяців та включає низку взаємопов'язаних робочих пакетів, спрямованих на створення, апробацію та масштабування магістерської програми у сфері цифрового врядування та штучного інтелекту.



Висновки

Таким чином, магістерська програма, що розробляється в межах проєкту AI4Gov-X, є не лише освітнім продуктом, а й ефективним інструментом професійного розвитку та інтеграції українських студентів у європейський освітній і професійний простір.

УДК 004.272.2:004.432.4

Людмила ЖОВНІРЧИК

*викладач кафедри інформаційних технологій та програмування
Івано-Франківська філія Університету «Україна»
м. Івано-Франківськ, Україна*

ПАРАЛЕЛЬНІ АЛГОРИТМИ В JAVA: ВИКОРИСТАННЯ FORK/JOIN FRAMEWORK ДЛЯ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

В умовах стрімкого зростання обсягів даних у сучасних інформаційних системах ефективна їх обробка стає критично важливим завданням. Традиційні послідовні алгоритми дедалі частіше не здатні забезпечити необхідну продуктивність, що зумовлює підвищений інтерес до паралельних обчислювальних підходів. Мова програмування Java, починаючи з версії 7, пропонує потужний механізм паралелізму — Fork/Join Framework, який реалізує стратегію «розділяй та владарюй» для ефективного використання багатоядерних процесорів [1].

Fork/Join Framework базується на концепції work-stealing — алгоритмі балансування навантаження між потоками, при якому незайнятий потік може «викрасти» завдання з черги іншого потоку. Це забезпечує рівномірне завантаження ядер процесора та суттєво підвищує ефективність виконання рекурсивно розбитих задач [2]. Центральними класами фреймворку є *ForkJoinPool* — пул потоків із механізмом work-stealing — та абстрактні класи *RecursiveTask<V>* (для задач, що повертають результат) і *RecursiveAction* (для задач без результату).

Практичне застосування Fork/Join Framework охоплює широкий спектр задач обробки великих даних: паралельне сортування масивів, обчислення агрегованих функцій над великими колекціями, паралельний пошук та фільтрація даних, рекурсивна обробка деревоподібних структур. Дослідження показують, що для масивів розміром понад 10 000 елементів паралельна реалізація алгоритму злиттям (merge sort) з використанням Fork/Join може



забезпечити прискорення у 3–6 разів на 8-ядерному процесорі порівняно з послідовною реалізацією [3].

Ключовим параметром налаштування фреймворку є порогове значення (*threshold*) — мінімальний розмір підзадачі, при якому відбувається подальший поділ. Занадто мале порогове значення призводить до надмірних накладних витрат на управління потоками, тоді як занадто велике — до недостатнього паралелізму. Емпіричні дослідження свідчать, що оптимальне порогове значення зазвичай знаходиться в діапазоні 500–5000 елементів залежно від складності обчислень над кожним елементом [2].

Починаючи з Java 8, Fork/Join Framework інтегровано зі Stream API через метод *parallelStream()*, що значно спростило використання паралельних обчислень для розробників. Паралельні потоки використовують спільний пул *ForkJoinPool.commonPool()*, що дозволяє прозоро розпаралелювати операції над колекціями без явного управління потоками [4]. Проте дослідники застерігають від некритичного застосування *parallelStream()*: для невеликих колекцій або операцій з низькою обчислювальною складністю накладні витрати на синхронізацію можуть перевищити вигоду від паралелізму.

Важливим аспектом використання Fork/Join Framework є коректна робота з поділеною пам'яттю. Java Memory Model гарантує видимість змін між потоками за умови правильного використання примітивів синхронізації. Для накопичення результатів паралельних підзадач рекомендується використовувати атомарні змінні (*AtomicLong*, *AtomicReference*) або механізм *Phaser* для складніших сценаріїв синхронізації [5].

Порівняльний аналіз Fork/Join Framework з іншими засобами паралелізму Java (*ExecutorService*, *CompletableFuture*) свідчить про його переваги саме для рекурсивно розбитих задач обробки даних. Водночас для задач з незалежними обчисленнями фіксованого розміру *ExecutorService* може демонструвати кращу продуктивність завдяки меншим накладним витратам [1].

Таким чином, Fork/Join Framework є ефективним інструментом для реалізації паралельних алгоритмів обробки великих даних у Java. Його використання дозволяє суттєво підвищити продуктивність обчислювально інтенсивних застосунків, повноцінно задіявши ресурси сучасних багатоядерних процесорів. Вивчення цього фреймворку є важливою складовою підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій в умовах зростаючих вимог до обробки великих обсягів даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sharan K. Java 9 Revealed: For Early Adoption and Migration. Apress, 2017. 550 p. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-2592-9>



2. Sridharan V. Mastering Concurrency Programming with Java 9. Packt Publishing, 2022. 398 p. URL: <https://www.packtpub.com/product/mastering-concurrency-programming-with-java-9/9781786462497>
 3. Jenkov J. Fork and Join: Java Parallelism. Jenkov Tutorials, 2022. URL: <https://jenkov.com/tutorials/java-util-concurrent/java-fork-and-join-forkjoinpool.html>
 4. Naftalin M. Mastering Lambdas: Java Programming in a Multicore World. McGraw-Hill, 2021. 232 p. URL: <https://www.mhprofessional.com/mastering-lambdas-9780071829625-usa>
 5. Urma R.-G., Fusco M., Mycroft A. Modern Java in Action: Lambdas, Streams, Functional and Reactive Programming. 2nd ed. Manning, 2022. 558 p. URL: <https://www.manning.com/books/modern-java-in-action>
-

УДК 004

Раїса ЗАХАРЧЕНКО,

к.т.н., доцент,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Олександр ПЯТЬКО,

студент 2 курсу,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРОДУКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРА

Вступ

Персональні комп'ютери, ноутбуки та серверні платформи активно використовуються у професійній діяльності, наукових дослідженнях, освітньому процесі та повсякденному житті. За таких умов ефективне управління ресурсами обчислювальної техніки та своєчасне виявлення факторів, що знижують продуктивність, набувають особливої актуальності. Стандартні засоби переважно відображають поточні показники без глибокого аналітичного узагальнення, прогнозування чи автоматизованого виявлення аномалій. Користувач часто змушений самостійно інтерпретувати технічні параметри, що потребує спеціальних знань і досвіду. Використання методів штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для аналізу продуктивності комп'ютера. Інтелектуальні алгоритми здатні виявляти приховані закономірності в роботі системи, прогнозувати потенційні перевантаження, автоматично визначати причини зниження швидкодії та формувати рекомендації щодо оптимізації. Такий підхід забезпечує перехід від простого моніторингу до проактивного управління ресурсами.



Мета - розробка інтелектуального додатку для аналізу продуктивності комп'ютера, який поєднуватиме збір системних метрик, їх обробку, аналітичне моделювання та візуалізацію результатів у зручному для користувача вигляді.

Виклад матеріалу

Зі зростанням складності програмного забезпечення та обсягів обробки даних питання ефективного використання апаратних ресурсів комп'ютера набуває критичного значення. Навіть сучасні системи під керуванням Microsoft Windows, Linux або macOS можуть демонструвати зниження швидкодії через фонові процеси, перевантаження оперативної пам'яті, фрагментацію диска, шкідливе ПЗ або некоректну конфігурацію системи.

Стандартні інструменти моніторингу (наприклад, диспетчер завдань) надають користувачу поточні показники завантаження процесора, пам'яті чи диска, однак не виконують комплексного аналізу, не виявляють причинно-наслідкових зв'язків і не формують рекомендацій щодо оптимізації. Саме тому виникла потреба у створенні інтелектуального додатка, здатного здійснювати глибокий аналіз системних метрик та підтримувати прийняття рішень.

Модуль збору даних в інтелектуальному додатку забезпечує отримання інформації про завантаження CPU, використання оперативної пам'яті, активність дискової підсистеми, мережеву активність та стан температурних сенсорів (за наявності). Збір здійснюється через спеціалізовані бібліотеки. Модуль зберігання даних додатку виконує збереження історичних показників у базі даних для подальшого аналізу та побудови прогнозів. Аналітичний модуль реалізує статистичний аналіз, виявлення аномалій, класифікацію типів навантаження, прогнозування перевантаження ресурсів. Модуль рекомендацій на основі результатів аналізу формує поради відносно закриття ресурсоємних процесів, очищення автозавантаження, оновлення драйверів, оптимізації використання пам'яті та перевірки системи на шкідливе ПЗ. Інтерфейс користувача інтуїтивно зрозумілий і забезпечує візуалізацію даних у вигляді графіків, діаграм, таблиць та повідомлень.

Інтелектуалізація додатка реалізована за рахунок використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування навантаження, моделей часових рядів для аналізу динаміки використання ресурсів та алгоритмів виявлення аномалій для своєчасного реагування на нестандартні ситуації. Завдяки цьому система може не лише фіксувати перевищення порогових значень, а й прогнозувати майбутні проблеми.

Висновки

Таким чином, розроблений інтелектуальний додаток для аналізу продуктивності комп'ютера поєднує сучасні підходи до програмної інженерії, аналізу даних і штучного інтелекту та сприяє підвищенню ефективності використання обчислювальних ресурсів. Додаток забезпечує автоматизований



аналіз навантаження на центральний процесор, оперативну пам'ять, накопичувачі та мережеві інтерфейси, а також формує рекомендації щодо підвищення ефективності роботи системи. Використання інтелектуального додатка забезпечує підвищення стабільності роботи комп'ютера, зменшення ризику збоїв, оптимізацію використання апаратних ресурсів, зниження енергоспоживання та автоматизацію процесів діагностики. Особливо актуальним такий підхід є для корпоративного середовища, серверних систем та навчальних лабораторій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перевірте продуктивність процесора за допомогою найкращих програм для тестування. URL: <https://as-it.ua/luchshie-programmi-dlja-testa-processora-kak-proverit-proizvoditelnost-vashego-processora/> (дата звернення: 18.02.2026).

2. Безпечне використання потужних інструментів на основі ШІ для продуктивної роботи URL: <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/enterprise/secure-productivity> (дата звернення: 19.02.2026).

3. Як перевірити чи працює ваш ПК на повну потужність: секрет про який ви не знали URL: <https://www.rbc.ua/rus/styler/k-pereviriti-chi-pratsyue-pk-povnu-potuzhnist-1735218862.html> (дата звернення: 22.02.2026).

УДК 004

Леонід ЗАХАРЧЕНКО,

викладач,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Віктор ФІЛІПЧУК,

студент 4 курсу,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГОТЕЛЬНИМ БІЗНЕСОМ «BRIGHT HOTEL»

Вступ

Сучасний готельний бізнес потребує впровадження ефективних цифрових інструментів для автоматизації процесів бронювання, взаємодії з клієнтами та внутрішнього менеджменту. Швидкий розвиток веб-технологій дозволяє створювати комплексні рішення, що забезпечують цілодобовий доступ до послуг готелю з будь-якої точки світу. Актуальність розробки зумовлена необхідністю оптимізації робочих процесів адміністрації та підвищення якості обслуговування гостей через зручні та інтуїтивно зрозумілі інтерфейси.



Використання сучасних стеків розробки та впровадження веб-орієнтованої системи забезпечує високу швидкість її роботи та надійне збереження даних.

Мета дослідження є особливості проектування та реалізація функціональної веб-системи для управління готелем, яка включає клієнтську частину для ознайомлення з послугами і бронювання номерів, а також адміністративну панель для моніторингу аналітики та управління контентом.

Основна частина

Використання веб-орієнтованої системи управління готельним бізнесом підвищує її ефективність управління за рахунок автоматизації та цифровізації. До основних інноваційних підходів відносять хмарну архітектуру SaaS, штучний інтелект AI, аналітику в реальному часі та ін. Одним із ключових етапів розробки веб-орієнтованої системи управління готельним бізнесом є вибір інформаційних технологій. Він визначає ефективність, продуктивність і масштабованість програмного продукту. Професійно підібраний технологічний стек є гарантією стабільної роботи системи. Для забезпечення високої продуктивності серверної логіки при реалізації проекту обрано серверний стек на базі мови програмування PHP версії 8.4. Взаємодія з веб-сервером здійснюється за допомогою одного із найбільш поширених та надійних рішень у сфері веб-розробки - Apache. Клієнтська частина системи побудована з використанням фреймворку Bootstrap, що гарантує повну адаптивність інтерфейсу для мобільних та десктопних пристроїв. Для покращення користувацького досвіду інтегровано бібліотеку AOS для анімації елементів при прокручуванні сторінок. Важливою складовою системи є модуль аналітики, реалізований за допомогою бібліотеки Chart.js, що дозволяє адміністратору візуалізувати статистичні дані про завантаженість готелю та фінансові показники. Система також містить спеціалізовану компоненту Bootstrap DatePicker для точного вибору дат проживання. Структура проекту передбачає чіткий розподіл між публічною частиною та закритим адміністративним розділом, де зосереджені інструменти керування кадровим складом, меню та іншим контентом.

Висновки

За результатами дослідження обґрунтовано доцільність інноваційних підходів для розробки комплексного програмного рішення, системи «Bright Hotel», яке поєднує в собі інструменти для ефективного управління готельним бізнесом, маркетингового просування готельних послуг та засоби операційного керування бізнесом. Професійний вибір інформаційних технологій визначив ефективність, продуктивність і масштабованість програмного продукту та забезпечив його стабільну роботу. Використання сучасних PHP-технологій та засобів візуалізації даних дозволив покращити сервіс обслуговування клієнтів в туристичній сфері. Використання сучасних алгоритмів аналізу даних та



методів аналітики дає можливість приймати оптимальні управлінські рішення. Впровадження розробленої системи буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності підприємства і суттєво покращить взаємодію з кінцевим споживачем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Документація PHP: Hypertext Preprocessor. URL: <https://www.php.net/docs.php> (дата звернення 24.03.2026).
2. Bootstrap: The world's most popular front-end open source toolkit. URL: <https://getbootstrap.com/> (дата звернення 22.03.2026).
3. Chart.js documentation: Simple yet flexible JavaScript charting for designers & developers. URL: <https://www.chartjs.org/docs/> (дата звернення 28.03.2026).
4. Ткаченко О.А., Ткаченко О.І., Щетинін А.О. Веб-орієнтовані системи управління готелями – ефективна цифровізація готельного бізнесу. Науковий журнал «IT SYNERGY», 2024, випуск 1 (6). С 43-61. DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2024-1-4>.
5. Програмне забезпечення для управління готелями. URL: <https://hotelfriend.com/uk/b/products> (дата звернення: 12.03.2026).
6. Hotels.com. Waar wil je naartoe? URL: https://nl.hotels.com/?locale=nl_NL&pos=HCOM_NL&siteid=300000009 (дата звернення: 14.03.2026).

УДК 640.4:004:658.5

Ольга КАЛАМАН

д-р екон. наук, доцент,

доцент кафедри менеджменту організацій,

Одеський національний економічний університет, м. Одеса

Дмитро ХАРЕНКО

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедри туристичного та готельно-ресторанного бізнесу,

Одеський національний економічний університет, м. Одеса

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ГОСТИННОСТІ

Сучасний розвиток підприємств гостинності відбувається в умовах високої конкуренції, нестійкого попиту, посилення вимог до якості сервісу та суттєвого впливу цифрового середовища на поведінку споживачів. Для



підприємств індустрії гостинності дедалі важливішим стає не лише сам факт надання послуги, а й здатність швидко управляти інформаційними потоками, координувати дії персоналу, аналізувати запити гостей та своєчасно коригувати управлінські рішення. У таких умовах інформаційні технології перетворюються на стратегічний інструмент підвищення ефективності управління підприємством [1; 2].

У науковому та прикладному вимірах ефективність управління підприємствами індустрії гостинності доцільно розглядати як здатність менеджменту забезпечувати досягнення цілей підприємства через раціональне використання ресурсів, координацію процесів, стабільну якість сервісу, зниження втрат часу та підвищення задоволеності клієнтів. Особливість сфери гостинності полягає в тому, що значна частина управлінських рішень ухвалюється в режимі, наближеному до реального часу. Зміна завантаження, уточнення бронювань, скарги гостей, технічні збої, репутаційні сигнали з цифрових платформ вимагають від керівника доступу до актуальної, точної та структурованої інформації.

Саме тому інформаційні технології доцільно розглядати як основу переходу від інтуїтивного або ситуативного управління до системного, аналітично обґрунтованого підходу. У сучасному підприємстві гостинності цифрові рішення формують єдине інформаційне середовище, у межах якого поєднуються дані про продажі, бронювання, завантаженість номерного фонду, замовлення, роботу персоналу, фінансові показники, комунікацію з клієнтами та результати контролю якості. Така інтеграція дозволяє керівництву бачити цілісну управлінську картину.

Одним із найочевидніших напрямів підвищення ефективності управління є автоматизація операційних процесів. У практиці підприємств гостинності це проявляється у використанні PMS-систем, CRM-платформ, модулів електронного бронювання, систем касового та складського обліку, цифрових журналів реєстрації, сервісів внутрішньої координації та інших програмних рішень. Завдяки їм зменшується кількість ручних дій, скорочуються часові витрати на повторювані операції, знижується імовірність технічних помилок і підвищується прозорість виконання процесів. Важливо, що автоматизація тут створює інформаційну основу для подальшого контролю, аналізу та коригування управлінських дій [2; 3].

Не менш важливою є роль інформаційних технологій у забезпеченні ефективної внутрішньої комунікації. Для підприємств гостинності характерною є висока взаємозалежність підрозділів: служби прийому та розміщення, ресторанної служби, господарського підрозділу, технічного персоналу, маркетингового та фінансового блоків. У разі інформаційних розривів між цими ланками навіть незначні неточності можуть призвести до сервісних



помилки, затримки або втрати лояльності клієнта. Використання цифрових каналів координації, електронних завдань, спільних календарів, внутрішніх чатів, хмарних платформ і систем контролю виконання завдань дозволяє підвищити швидкість обміну інформацією та чіткість розподілу відповідальності.

У сфері гостинності ефективність управління тісно пов'язана з якістю сервісу, а отже, особливого значення набуває використання інформаційних технологій для моніторингу обслуговування. Сучасний клієнт оцінює весь шлях взаємодії з підприємством: зручність пошуку інформації, процес бронювання, швидкість відповіді, атмосферу, уважність персоналу, дотримання обіцянок, якість післясервісної комунікації. Цифрові інструменти дозволяють фіксувати ці параметри через електронні опитування, системи скарг, онлайн-аналітику, рейтинги на спеціалізованих платформах, внутрішні чек-листи та дашборди контролю якості. За рахунок цього менеджмент отримує можливість виявляти системно проблемні ділянки [3; 4].

Особливу цінність у сучасних умовах має аналітика цифрових відгуків споживачів. Відгуки на Google Maps, Booking, TripAdvisor, у соціальних мережах та інших онлайн-ресурсах перетворилися на важливе джерело інформації для керівництва. У них відображаються реальні очікування клієнтів, їхнє емоційне сприйняття сервісу, повторювані проблеми та сильні сторони підприємства. За умови систематичного аналізу відгуків менеджмент може своєчасно виявляти сервісні ризики, коригувати стандарти обслуговування, змінювати алгоритми взаємодії з гостями та покращувати репутаційну позицію підприємства. Так інформаційні технології виконують діагностичну й прогностичну функцію.

Суттєве значення інформаційні технології мають і для управління персоналом. У підприємствах гостинності персонал є безпосереднім носієм сервісу, тому від організації праці, дисципліни, рівня підготовки та якості внутрішньої комунікації залежать результати всієї діяльності. Разом із тим управління персоналом у цій сфері ускладнюється змінним графіком, сезонністю, нерівномірним навантаженням, потребою в швидкому навчанні нових працівників та необхідністю постійного контролю за дотриманням стандартів. Цифрові системи планування змін, електронного інструктажу, внутрішнього тестування, онлайн-навчання та оцінювання результативності дозволяють зробити кадровий менеджмент більш упорядкованим і результативним [2; 5].

Окремого розгляду потребує застосування інформаційних технологій у фінансово-економічному управлінні. Для керівника важливо розуміти, які саме послуги, сегменти клієнтів, канали продажу або часові періоди формують дохід і витрати підприємства. Цифрові системи обліку та аналітики дають змогу



деталізувати такі показники, оцінювати рентабельність окремих напрямів діяльності, прогнозувати попит, контролювати витрати та приймати більш обґрунтовані рішення щодо ресурсного забезпечення. Отже, інформаційні технології підсилюють економічну складову управління.

Разом з тим впровадження інформаційних технологій не слід розглядати як автоматичну гарантію підвищення ефективності. На практиці результат залежить від того, наскільки цифрові рішення відповідають реальним потребам підприємства, чи інтегровані вони в повсякденну діяльність, чи підтримуються організаційними змінами та чи володіє персонал необхідними цифровими компетентностями. Фрагментарне використання окремих програм без єдиної логіки управління призводить до того, що технологія існує формально, не створюючи істотного ефекту. Тому цифровізація в системі менеджменту має супроводжуватися переосмисленням внутрішніх процесів, стандартів і ролі інформації.

На нашу думку, у підприємствах гостинності інформаційні технології мають розглядатися як інструмент стратегічного посилення управлінської спроможності. Їхня цінність полягає в тому, що вони допомагають менеджеру працювати з причинами проблем, переходити від реактивного управління до проактивного, від фрагментарних рішень до системного аналізу, від накопичення даних до їхньої інтерпретації та практичного використання. Саме в цьому виявляється їхній потенціал як чинника підвищення ефективності діяльності.

Таким чином, інформаційні технології є важливим інструментом підвищення ефективності управління підприємствами індустрії гостинності, оскільки сприяють автоматизації операцій, покращенню внутрішньої координації, посиленню контролю, вдосконаленню роботи з персоналом, моніторингу якості сервісу та підвищенню обґрунтованості управлінських рішень. Максимальний ефект від їхнього використання досягається, коли цифрові рішення впроваджуються системно, узгоджуються зі стратегією розвитку підприємства та спираються на готовність менеджменту використовувати інформацію як ключовий ресурс сучасного управління. За таких умов цифровізація стає реальним чинником зміцнення конкурентоспроможності й стійкого розвитку підприємств гостинності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Земліна Ю., Букатов А. Інформаційні технології як фактор конкурентоспроможності готельно-ресторанного підприємства: аналітичний зріз ринку України. *Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації*. 2025. Т. 7, № 2. С. 207–219. DOI: <https://doi.org/10.31866/2616-7468.7.2.2024.335173> .



2. Стегней М. І., Нодь О. Л., Бергхауер О. О., Кампов Н. С. Трансформація готельно-ресторанного обслуговування в умовах цифровізації. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Т. 9, № 3. С. 26–29. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-3-4>

3. Бурак В. Г., Тюхтенко Н. А. Сучасні інтерактивні технології управління у просуванні послуг готельно-ресторанного бізнесу. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2023. Т. 22, № 1(53). С. 37–53. DOI: [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1\(53\).288740](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1(53).288740)

4. Барна М., Мельник І. Стратегія цифровізації готельно-ресторанного бізнесу. *Економіка та суспільство*. 2025. № 71. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-66>

УДК 004.896:004.415.53

Артем КІКНАДЗЕ

здобувач вищої освіти факультету інформаційних технологій та дизайну,

Херсонський національний технічний університет, Україна

Олексій МАТВІЙЧУК

*викладач-стажист кафедри Програмних засобів і технологій
Херсонський національний технічний університет, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ LLM-АГЕНТІВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК У CI/CD ЛОГАХ

У сучасних мікросервісних архітектурах значні обсяги логів, що генеруються під час CI/CD-процесів та розгортання систем, створюють проблему когнітивного перевантаження DevOps-інженерів, що суттєво уповільнює процес відновлення сервісів. Традиційні методи аналізу на основі утиліти «grep» та регулярних виразів демонструють низьку ефективність, оскільки вони обмежені пошуком за відомими сигнатурами й не здатні інтерпретувати семантичний контекст помилок. Особливу складність становлять критичні збої, спричинені конфліктами залежностей, помилками компіляції або некоректними конфігураціями середовища виконання, оскільки їхні причини часто розподілені між декількома взаємозалежними сервісами.

Концептуальною основою пропонованого підходу є застосування LLM-агентів, які, на відміну від статичних скриптів, здатні інтерпретувати контекст помилок шляхом звернення до зовнішніх джерел даних та контексту попередніх білдів. Логіка обробки даних реалізована за допомогою фреймворку LangChain із використанням моделі GPT-4o, що дозволяє агенту зіставляти логи



з контекстом виконання для виявлення прихованих аномалій інфраструктури. Такий підхід забезпечує трансформацію неструктурованих технічних даних у конкретний план дій для розробника.

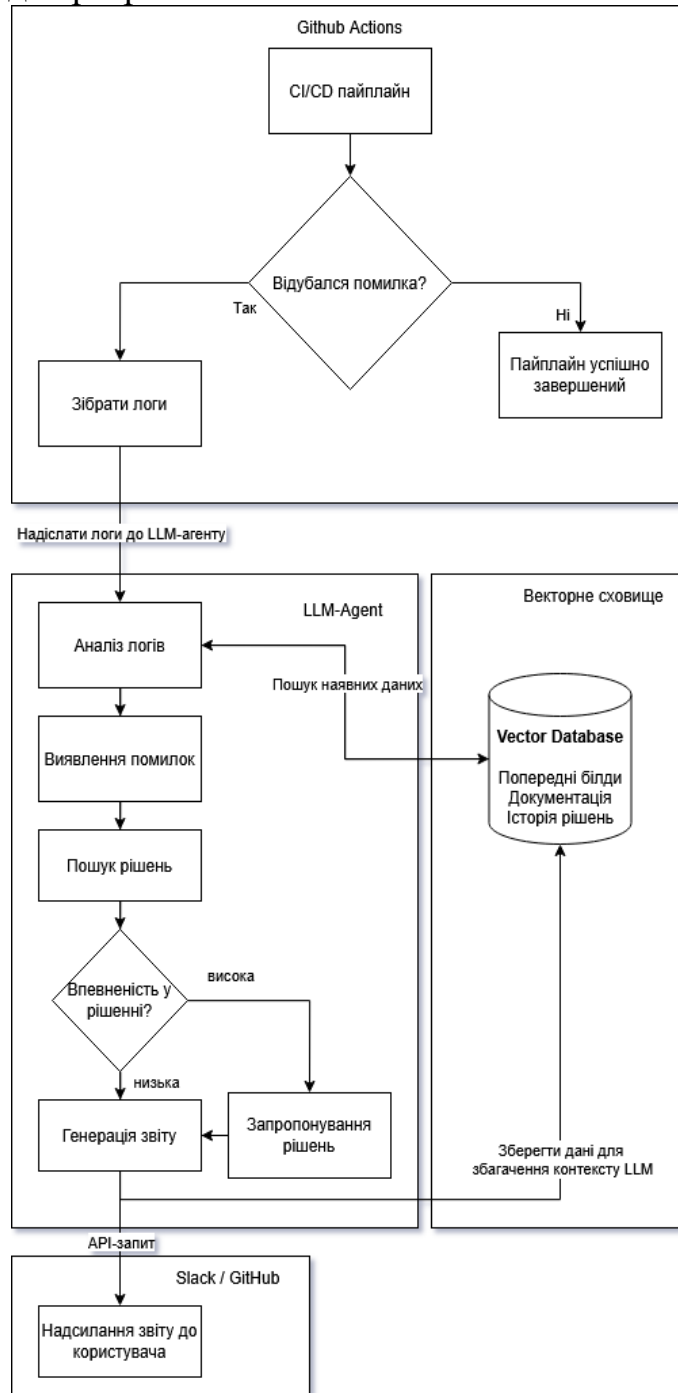


Рис. 1 Схема роботи LLM-агенту під час помилки CI/CD-пайплайну

Висновок. Для підвищення релевантності результатів та мінімізації помилок генерації було застосовано метод RAG (Retrieval-Augmented



Generation), що дозволяє динамічно збагачувати контекст запиту актуальними даними з технічної документації та історії успішних розгортань, збережених у векторному сховищі. Апробація розробленої системи підтвердила високу точність ідентифікації причин несправностей, особливо у сценаріях із розподіленими помилками. Отримані результати вказують на суттєве скорочення середнього часу діагностики (MTTR) та створюють підґрунтя для розробки самовідновлюваних конвеєрів, здатних автономно застосовувати необхідні виправлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. LangChain Documentation. URL: <https://docs.langchain.com/> (дата звернення: 08.04.2026).
2. LLM -Powered CI/CD Pipelines — When Pipelines Debug Themselves. URL: <https://medium.com/cloudops-insider/llm-powered-ci-cd-pipelines-when-pipelines-debug-themselves-a5b18d5d378b> (дата звернення: 08.04.2026).
3. Ameisen E. Building Machine Learning Powered Applications: Going from Idea to Product. O'Reilly Media, Incorporated, 2021. 260 p.

УДК 004.42; 004:67

*Валентина КОЗАЧЕНКО,
студентка гр. БІП2-22, факультет інженерії
та інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

*Тетяна ДЕМКІВСЬКА,
кандидатка технічних наук, доцентка кафедри
інформаційних та комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

РОЗРОБКА ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ТРЕКІНГУ ОСОБИСТОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГРАМІСТА З ПІДТРИМКОЮ ОКР/КРІ

Сучасний етап розвитку індустрії інформаційних технологій характеризується стрімким зростанням вимог до продуктивності праці програмістів. Умови віддаленої та гібридної роботи ускладнюють процеси контролю виконання завдань та оцінювання ефективності фахівців, оскільки традиційні методи управління, засновані на безпосередньому спостереженні, стають неможливими або суттєво викривленими. На перший план виходить необхідність впровадження спеціалізованих програмних рішень для трекінгу особистої ефективності, які базуються на об'єктивних метриках та кількісних показниках роботи [1].



Головною проблемою сучасного управління продуктивністю IT-фахівців є те, що більшість існуючих систем управління завданнями (Jira, Trello, Asana) орієнтовані переважно на командну роботу та візуалізацію процесів, але не забезпечують вбудованих інструментів для глибокого аналізу індивідуальної ефективності програміста. Для отримання розширених метрик продуктивності ці платформи вимагають інтеграції сторонніх модулів або підключення зовнішніх аналітичних систем, що ускладнює інфраструктуру та збільшує витрати. Крім того, більшість наявних рішень не підтримують методологію OKR, яка є ефективним інструментом стратегічного планування та досягнення цілей у IT-сфері [2].

Метою даної роботи є розробка веб-платформи для трекінгу особистої ефективності програміста з підтримкою OKR/KPI, яка забезпечує зручний інструментарій для планування робочого часу, відстеження виконання задач, аналізу власної продуктивності та досягнення поставлених цілей. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати існуючі програмні рішення для управління особистою ефективністю, визначити ключові показники ефективності для програміста, обрати оптимальний стек технологій для реалізації, спроектувати архітектуру веб-додатку, розробити моделі даних для роботи з OKR та KPI, реалізувати систему авторизації з розмежуванням прав доступу, створити функціонал для ведення стратегічних цілей та щоденних показників, інтегрувати засоби візуалізації даних та провести тестування розробленого програмного забезпечення.

Для реалізації платформи обрано технологічний стек на основі платформи .NET, зокрема фреймворк ASP.NET Core MVC, який є сучасною кросплатформною технологією з відкритим кодом. Архітектурний шаблон MVC забезпечує чітке розділення логіки програми на модель, представлення та контролер, що значно спрощує розробку, тестування та подальший супровід програмного продукту [3]. Мова програмування C# забезпечує високу надійність та продуктивність коду завдяки строгій типізації, що дозволяє виявляти помилки на етапі компіляції. Для зберігання даних на етапі прототипування використовуються статичні списки в пам'яті, з подальшою інтеграцією SQL Server з використанням Entity Framework Core. Для створення користувацького інтерфейсу застосовано HTML5, CSS3, JavaScript та фреймворк Bootstrap 5 для забезпечення адаптивності. Для візуалізації аналітичних даних використано бібліотеку Chart.js.

Спроектвано архітектуру веб-додатку на основі шаблону MVC, яка забезпечує чітке розділення відповідальностей між компонентами системи. Рівень Model представлений двома основними класами: Okr для зберігання стратегічних цілей з обчислюваною властивістю ProgressPercentage для



відображення відсотка виконання, та Kpi для зберігання щоденних показників ефективності з обчислюваною властивістю ProductivityLevel для автоматичного визначення рівня продуктивності. Для забезпечення коректності даних застосовано атрибути валідації Required, Range та DataType. Рівень Controller реалізовано через OkrController, KpiController та AuthController, які обробляють HTTP-запити, виконують операції над моделями та обирають відповідні представлення для відображення результатів. Інтерфейс користувача побудовано на основі єдиного шаблону _Layout.cshtml з динамічним відображенням пунктів меню залежно від статусу авторизації.

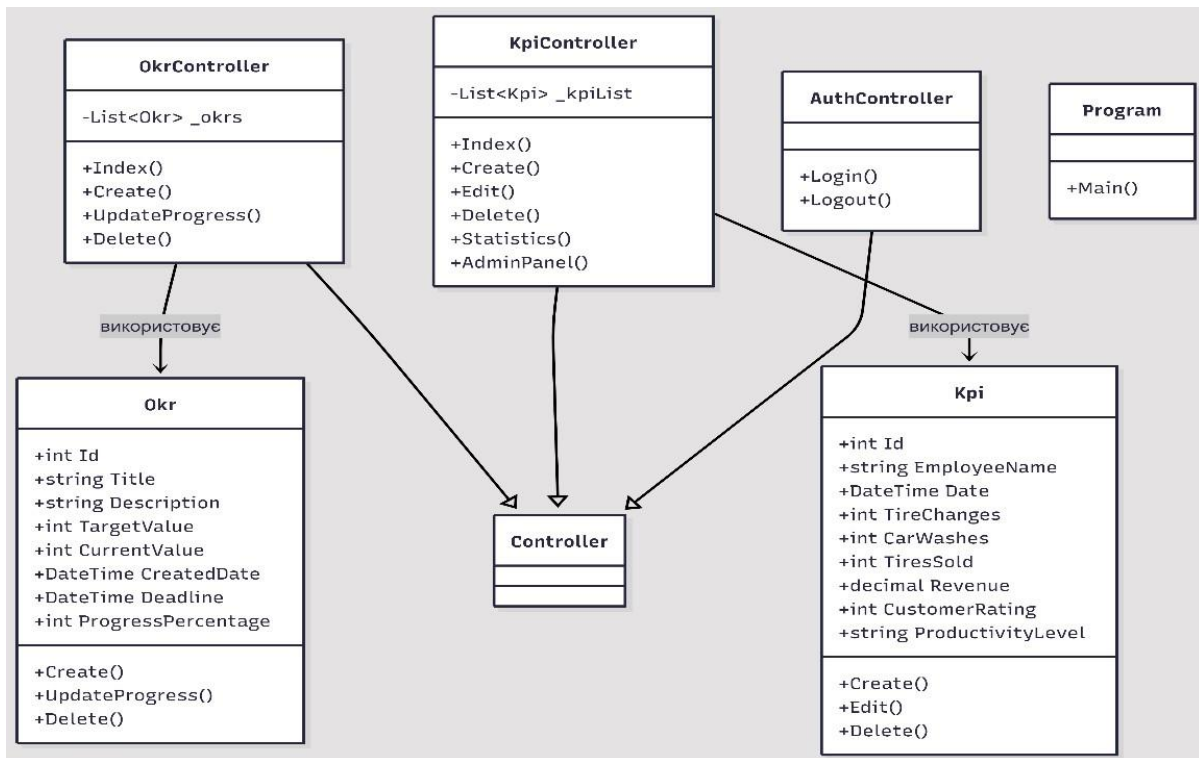


Рис. 1 – Архітектура веб-додатку

Реалізовано систему авторизації з розмежуванням прав доступу, де звичайні користувачі мають доступ лише до перегляду даних, а авторизовані адміністратори можуть виконувати всі операції створення, редагування та видалення записів. Вхід до системи здійснюється за логіном та паролем, неавторизовані спроби доступу до захищених сторінок перенаправляються на сторінку авторизації. Для візуалізації аналітичних даних інтегровано бібліотеку Chart.js, яка дозволяє створювати інтерактивні графіки динаміки роботи, що надає керівництву можливість приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі наочних даних.



Розроблено модуль OKR, який дозволяє вести облік стратегічних цілей з відстеженням прогресу виконання у відсотках через візуальні прогрес-бари, а також модуль KPI, який забезпечує щоденне внесення показників по кожному співробітнику з можливістю перегляду історії, сортуванням за датою та візуалізацією клієнтського рейтингу у вигляді зірок. Розділ статистики надає загальні показники за період та графіки динаміки роботи. Інтерфейс платформи розроблено з урахуванням принципів зручності, інтуїтивної зрозумілості та адаптивності для коректного відображення на різних пристроях.

У результаті проведеного дослідження та практичної розробки створено веб-платформу для трекінгу особистої ефективності з підтримкою OKR/KPI. Розроблена система повністю відповідає поставленим вимогам та забезпечує автоматизацію процесів планування, обліку та аналізу продуктивності. Хоча для демонстрації працездатності платформи використано дані шиномонтажного центру VIANOR, архітектура моделей даних є універсальною і в майбутньому може бути легко адаптована для потреб програмістів шляхом заміни специфічних полів на відповідні показники: кількість закритих задач, виправлених багів, опрацьованих годин тощо [4]. Розроблений програмний продукт може бути використаний як окремими програмістами для самоорганізації та відстеження власного прогресу, так і керівниками IT-команд для об'єктивного оцінювання ефективності роботи персоналу на основі реальних даних.

Тестування розробленої платформи підтвердило коректність роботи всіх функціональних модулів, правильність валідації даних та надійність системи авторизації. Закладена архітектурна база створює необхідні передумови для подальшого розширення функціоналу, зокрема інтеграції з реальною базою даних SQL Server, додавання API для мобільного додатку, розширення звітності та впровадження системи сповіщень. Розроблений програмний продукт може бути використаний як програмістами для самоорганізації, так і керівництвом для об'єктивного оцінювання ефективності роботи персоналу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Forsgren N., Humble J., Kim G. Accelerate: The Science of Lean Software and DevOps: Building and Scaling High Performing Technology Organizations. IT Revolution Press, 2018. 288 p. URL: <https://itrevolution.com/product/accelerate/> (date of access: 07.04.2026).
2. Doerr J. Measure What Matters: How Google, Bono, and the Gates Foundation Rock the World with OKRs. Portfolio, 2018. 320 p. URL: <https://www.whatmatters.com/> (date of access: 07.04.2026).



3. Richards M., Ford N. Fundamentals of Software Architecture: An Engineering Approach. O'Reilly Media, 2020. 432 p.
URL: <https://www.oreilly.com/library/view/fundamentals-of-software/9781492043447/> (date of access: 07.04.2026).
 4. Sutherland J. Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time. Crown Business, 2014. 384 p.
URL: <https://books.google.com/books/about/Scrum.html?id=RoPZCwAAQBAJ> (date of access: 07.04.2026).
-

УДК 004.4:004.05:336.7

Наталія КОЗУБ

к.т.н., доцент, доцент кафедри програмних засобів і технологій, Юлія КОСТИК

Senior Quality Assurance Engineer, IT – кампанія «DataArt»

Олег ШВИДКИЙ

здобувач вищої освіти, Херсонський національний технічний університет

АДАПТИВНЕ ТЕСТУВАННЯ ФІНАНСОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ТА ПОВЕДІНКОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Вступ. Сучасні фінансові інформаційні системи характеризуються високими вимогами до надійності, безпеки та безперервності функціонування, що зумовлює необхідність удосконалення підходів до їх тестування. Традиційні методи тестування не завжди забезпечують ефективне покриття критичних компонентів системи, особливо в умовах обмежених ресурсів та динамічних змін у поведінці користувачів.

У зв'язку з цим актуальним є застосування адаптивних підходів до тестування, що поєднують ризик-орієнтовані методи та аналіз поведінкових характеристик користувачів. Оцінювання ризику компонентів доцільно здійснювати на основі моделі $R=P \cdot I$, яка широко використовується у risk-based testing. Інтеграція ризикових показників із даними про використання системи дозволяє підвищити релевантність тестових сценаріїв і зосередити ресурси на найбільш критичних ділянках.

У даній роботі запропоновано інтелектуальну модель адаптивного тестування фінансових систем, формалізовано задачу оптимізації тестового покриття як багатокритеріальну задачу мінімізації ризику пропуску дефектів за обмежених ресурсів, а також розроблено алгоритм динамічного пріоритезування тестових сценаріїв. Отримані експериментальні результати



підтверджують ефективність запропонованого підходу, зокрема підвищення якості тестування та зменшення кількості критичних дефектів.

Постановка проблеми. Фінансові системи характеризуються високими вимогами до надійності, безпеки та безперервності. Класичні підходи до тестування (повне або регресійне покриття) є ресурсомісткими та не враховують нерівномірний розподіл ризиків між компонентами, реальні сценарії використання системи, динамічну зміну поведінки користувачів. Це зумовлює необхідність переходу до **адаптивного тестування**, що базується на інтеграції ризиків і поведінкових даних.

Математична модель.

Модель ризику компонента. Нехай система складається з множини компонентів: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Для кожного компонента визначимо ризик:

$R_i = P_i \cdot I_i$, де P_i — ймовірність виникнення дефекту, I_i — вплив (імпакт) дефекту на систему.

Поведінкова модель користувачів. Нехай $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$. Введемо вагу використання компонента:
$$BB_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^n f_j}$$
, де f_i — частота звернень до

компонента c_i

Інтегрована функція пріоритету. Пріоритет тестування компонента: $Priority_i = R_i(1 + \gamma B_i)$, де γ - параметр чутливості до поведінки ($\gamma=0$ – поведінка ігнорується, $\gamma=1$ – помірний вплив, $\gamma>1$ – сильний акцент на популярних компонентах). Наприклад, нехай $R_i=0.5$, $B_i=0.8$. Якщо $\gamma=1$: $Priority_i=0.5(1+0.8)=0.9$, якщо $\gamma=2$: $Priority_i=0.5(1+1.6)=1.3$. Той самий ризик, але різний пріоритет.

Оптимізаційна задача. Мета — максимізувати сумарний покритий ризик при обмеженні ресурсів: $\max \sum_{i \in S} Priority_i$, за умов: $\sum_{i \in S} Cost_i \leq T$, де:

S — обрана множина тестів, $Cost_i$ — вартість тестування, T — доступний ресурс (час/обчислення).

Задача зводиться до модифікованої задачі **рюкзак (Knapsack Problem)**.

Архітектура системи адаптивного тестування.

Система включає такі модулі:

- 1) Data Collection Layer: логи користувачів; історія дефектів; метрики виконання тестів;
- 2) Risk Assessment Module: оцінка P_i (на основі дефектів); оцінка I_i (бізнес-критичність);
- 3) Behavior Analytics Module: аналіз частоти використання f_i ; кластеризація сценаріїв користувачів;
- 4) Priority Engine: обчислення та ранжування пріоритетів;
- 5) Test Selection Optimizer: розв'язання задачі оптимізації (жадібний або DP-алгоритм);



6) Execution Layer: інтеграція з CI/CD; запуск тестів (наприклад, Selenium, API-тести);

7) Feedback Loop: оновлення моделей на основі нових дефектів і логів.

Алгоритм адаптивного тестування:

1. Оцінка P_i , I_i , обчислення R_i .
2. Аналіз використання та обчислення V_i .
3. Розрахунок $Priority_i$.
4. Сортування за $Priority_i/Cost_i$.
5. Відбір тестів з урахуванням ресурсу.
6. Виконання тестування.
7. Оновлення моделей.

Експериментальна оцінка. Метрики оцінювання: **Defect Detection Rate (DDR)**, **Test Efficiency (TE)**, **Risk Coverage (RC)**.

Очікувані результати: 1) підвищення покриття критичних дефектів на 20–35%; 2) зменшення витрат часу на тестування на 15–25%; 3) підвищення релевантності тестових сценаріїв.

Наукова новизна полягає у поєднанні ризик-орієнтованого та поведінкового підходів у межах єдиної функції пріоритетизації, формалізації процесу адаптивного тестування як багатокритеріальної оптимізаційної задачі, а також у розробленні ітеративного алгоритму з механізмом зворотного зв'язку для динамічного оновлення параметрів моделі.

Висновки. Запропонована модель забезпечує динамічну адаптацію процесу тестування до змін у структурі системи та поведінці користувачів. Це є критично важливим для фінансових інформаційних систем із високими вимогами до надійності та безпеки. Отримані результати підтверджують ефективність застосування інтелектуальних підходів у задачах тестування програмного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Destefanis G., Yousefi L., Shepperd M. An audit of machine learning experiments on software defect prediction // Empirical Software Engineering. 2026. Vol. 31. P. 83.
2. Naseem R., Shaukat Z., Irfan M. et al. Empirical assessment of machine learning techniques for software requirements risk prediction // Electronics. 2021. Vol. 10, No. 2. P. 168.
3. Technical risk model of machine learning based software project development // Information and Software Technology. 2024. Vol. 171. P. 107449.
4. A systematic review of machine learning methods in software testing // Applied Soft Computing. 2024. Vol. 162. P. 111805.



5. Stocco A., Shehory O., Jahangirova G. et al. Software testing in the machine learning era // Empirical Software Engineering. 2023. Vol. 28. P. 74.
6. Machine learning-based test selection for simulation-based testing of software // OUCI. 2021.
7. ISO/IEC/IEEE 29119-1:2022. Software testing — Part 1: Concepts and definitions. Geneva: ISO, 2022.
8. Reid S. Risk-based testing for AI systems // Software Testing Standard. 2024.
9. Письменний І. В., Кислий Р. В., Клещ К. В. AI-driven tools in modern software quality assurance: an assessment of benefits, challenges, and future directions // Technology Audit and Production Reserves. 2025. № 5. С. 25–33.
10. Кухаренко В. М., Бондаренко О. В. Методи забезпечення якості програмного забезпечення: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 256 с.

УДК 004.85

Юлія КОЛЯНДРА

студент, кафедра інженерії програмного забезпечення (603)

Євгенія СОКОЛОВА

кандидат технічних наук, доцент,

кафедра інженерії програмного забезпечення (603)

Національний аерокосмічний університет

"Харківський авіаційний інститут", м. Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ У БОРТОВИХ СИСТЕМАХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Розглянуто підхід до прогнозування відмов бортових систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) із використанням методів машинного навчання. Проведено аналіз алгоритмів виявлення аномалій. Сформульовано вимоги до побудови системи діагностики та прогнозування відмов.

Постановка проблеми. Сучасні БПЛА перетворилися на складні системи, що виконують критичні завдання в умовах високої невизначеності. Аналіз джерел показує, що більшість аварійних ситуацій спричинена відмовами актуаторів, сенсорних систем (GPS – Global Positioning System, IMU – Inertial Measurement Unit) або структурною деградацією, наприклад, тріщини гвинтів або вихід з ладу двигунів [1].



Традиційні підходи до діагностики відмов (FDD – Fault Detection and Diagnosis) спираються на детерміновані математичні моделі. Але вони мають обмеження: необхідність наявності точної математичної моделі об'єкта, чутливість до зовнішніх чинників та нездатність адаптуватися до непередбачуваних відмов [2]. Через збільшення використання БПЛА у міському середовищі та зонах конфліктів виникає потреба у впровадженні інтелектуальних систем моніторингу.

Мета роботи. Розробка архітектури інтелектуальної системи прогнозування відмов БПЛА, яка забезпечує: прогнозування стану бортових систем на основі часових рядів телеметрії; виявлення аномалій на основі відхилення прогнозованих і реальних даних; інтеграцію прогнозних значень у контур оцінки стану для підвищення стійкості керування. Основним завданням є мінімізація впливу відмов сенсорів та актуаторів на точність оцінки стану БПЛА в умовах невизначеності.

Наукова новизна роботи полягає у запропонованій інтеграції гібридної моделі прогнозування (LSTM – Long Short-Term Memory /регресійної) у контур фільтрації стану на основі EKF (Extended Kalman Filter), що дозволяє здійснювати динамічне заміщення сенсорних даних прогнозними значеннями у випадку виявлення аномалій. На відміну від існуючих підходів, запропонована архітектура поєднує прогнозування відмов із механізмом їх компенсації в реальному часі.

Використання нейронних мереж, таких як LSTM та BLSTM (Bidirectional LSTM), є перспективним підходом для аналізу даних польотів. На відміну від рекурентних нейронних мереж (RNN), BLSTM враховує контекст майбутніх станів. Це важливо для виявлення початку відмови в динаміці польоту. За даними [3], точність виявлення відмов актуаторів при використанні BLSTM може досягати 99%.

Однією з основних проблем навчання систем прогнозування є дефіцит даних про відмови (fault data). Для вирішення цієї проблеми доцільно використовувати гібридний метод [4], що об'єднує динамічну та дата-орієнтовну моделі.

Такий підхід дозволяє створювати віртуальні набори fault data, які враховують нелінійні ефекти, невидимі для класичних симуляторів. Це дозволяє навчити нейронну мережу розпізнавати характерні сигнатури відмов ще до того, як вони стануть катастрофічними.

Нехай $x(t) \in \mathbb{R}^n$ - вектор телеметричних даних БПЛА (показники IMU, GPS, стан двигунів). Модель прогнозування формує оцінку майбутнього стану:

$$\hat{x}(t + \Delta t) = f_{\theta}(x(t), x(t - 1), \dots, x(t - k))$$

де f_{θ} – модель на основі LSTM/BLSTM.



Виявлення аномалії здійснюється за критерієм відхилення:

$$D(t) = \| x(t) - \hat{x}(t) \|$$

При перевищенні порогового значення $D(t) > \varepsilon$ фіксується аномалія (fault condition).

На основі аналізу існуючих рішень [2] [4], на рисунку 1 запропоновано архітектуру системи діагностики. Її функціонування базується на трьох рівнях: (1) моніторингу телеметрії; (2) прогнозованого аналізу за допомогою моделей Ridge Regression/LSTM для виявлення відхилень від безпечної зони (Bubble Violation); (3) перемикання контуру ЕКФ на прогнозовані дані в умовах виявленої несправності.

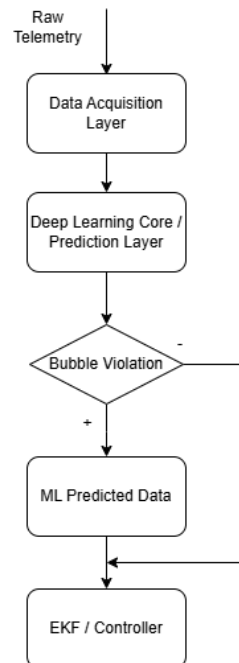


Рис. 1 – Архітектура системи прогнозування та безперебійного керування БПЛА

У стандартному режимі ЕКФ використовує реальні сенсорні дані $z(t)$. У випадку виявлення аномалії ($D(t) > \varepsilon$) відбувається перемикання на прогнозні значення:

$$z(t) = \begin{cases} x(t), & D(t) \leq \varepsilon \\ \hat{x}(t), & D(t) > \varepsilon \end{cases}$$

Таким чином, ЕКФ продовжує функціонувати з використанням оцінених значень, що дозволяє уникнути деградації системи керування у випадку відмови сенсорів.

Такий підхід забезпечує властивість fault-tolerant state estimation та підвищує робастність навігації.



Під час виявлення аномалії вхідні дані для ЕКФ заміщуються прогнозними значеннями, згенерованими моделлю. А за відсутності порушень дані з бортових систем надходять безпосередньо до ЕКФ.

Під час впровадження системи необхідно враховувати технічні виклики, зокрема ресурсні обмеження, що включають необхідність оптимізації ваги моделей для їхнього виконання на бортових комп'ютерах з обмеженою потужністю.

Також потрібно враховувати, що моделі, навчені в симуляторі (Gazebo/PX4), часто втрачають точність під час реальних польотів. Можливим рішенням цієї проблеми є використання трансферного навчання та калібрування параметрів на основі реальних логів польотів.

Висновок. У роботі запропоновано архітектуру інтелектуальної системи прогнозування відмов БПЛА на основі гібридного підходу, що поєднує моделі машинного навчання та класичні методи оцінки стану.

Формалізовано задачу виявлення аномалій як задачу оцінки відхилення між прогнозованими та фактичними даними телеметрії.

Запропоновано механізм інтеграції прогнозних значень у контур ЕКФ, що дозволяє забезпечити безперервність оцінки стану навіть у випадку відмов сенсорів.

Практичне значення полягає у можливості застосування запропонованої архітектури у бортових системах БПЛА з обмеженими обчислювальними ресурсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zineb Adaika, Luttfi A. Al-Haddad, Wojciech Giernacki, Alaa Abdulhady Jaber, Mohamed Boumehraz, Mohsin N. Hamzah, Mujtaba A. Flayyih "Fault Detection and Diagnosis Methodologies for Unmanned Aerial Vehicles: State-of-the-Art" May 2025, doi: 10.1007/s10846-025-02267-8
2. Anamta Khan, Joao R. Campos, Naghmeh Ivaki, Henrique Madeira "Machine Learning driven Fault Tolerance Mechanism for UAVs' Flight Controller", September 2023, doi: 10.1109/PRDC59308.2023.00034
3. Armin Mahdi Erfanian, Amin Ramezan "Using Deep Learning Network for Fault Detection in UAV" March 2022, doi: 10.1109/ICCIA54998.2022.9737206
4. J. J. Tong, W. Zhang, F. Liao, C. F. Li, Y. F. Zhang "Machine Learning for UAV Propeller Fault Detection based on a Hybrid Data Generation Model", Feb 2023, doi: 10.48550/arXiv.2302.01556



УДК 004.896:007.52

Олександр КОМІСАРОВ,

*старший викладач кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*

Давід КОВАЛЬОВ,

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 121
«Інженерія програмного забезпечення»,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ (ACO, PSO, GWO) ДЛЯ ЗАДАЧ ПОКРИТТЯ ПЛОЩІ В ПОШУКОВО- РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Вступ. Пошуково-рятувальні операції (ПРО) є одним із найбільш критичних застосувань автономних робототехнічних систем. За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, лише протягом 2022–2024 років кількість випадків залучення аварійно-рятувальних підрозділів перевищила 170 тисяч [1]. Ця статистика, і варто це підкреслити, зростає – насамперед через збільшення кількості надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, а також через специфіку поточного збройного конфлікту. Ключовою проблемою залишається швидкість та повнота обстеження зони надзвичайної ситуації: за даними досліджень, кожні 10 хвилин затримки в початковий період після події знижують імовірність виявлення постраждалого живим приблизно на 7–12% залежно від типу НС [2].

Традиційні підходи до організації пошуку – систематичний обхід (лінійний або спіральний) – добре себе зарекомендували в умовах відкритої місцевості, проте виявляються малоефективними в складно-структурованих середовищах: завалах, лісовому масиві, міській забудові. У таких умовах методи ройового інтелекту (Swarm Intelligence, SI), що базуються на децентралізованій координації великої кількості агентів, відкривають якісно нові можливості. Три алгоритми – ACO (Ant Colony Optimization, оптимізація мурашиною колонією), PSO (Particle Swarm Optimization, оптимізація роєм частинок) та GWO (Grey Wolf Optimizer, оптимізатор зграї сірих вовків) – є найбільш дослідженими з точки зору координації безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у задачах покриття [3, 4]. Однак їх систематичний



порівняльний аналіз саме в контексті ПРО з урахуванням критерію стійкості до відмов агентів залишається недостатньо вивченим.

Метою даного дослідження є проведення комплексного порівняльного аналізу трьох зазначених методів ройового інтелекту для задачі покриття площі в умовах пошуково-рятувальних операцій та вироблення практичних рекомендацій щодо вибору алгоритму залежно від характеристик сценарію.

1. Постановка задачі покриття площі. Нехай задано область пошуку $S \subset \mathbb{R}^2$, яку необхідно обстежити групою n агентів (БПЛА) за мінімальний час T . Кожен агент i у кожен момент часу τ займає позицію $p_i(\tau) \in S$ і виконує огляд у радіусі r . Метрика покриття визначається як частка обстеженої площі:

$$C(t) = \frac{|\{(x, y) \in S : \exists i, \exists \tau \leq t : \text{dist}(p_i(\tau), (x, y)) \leq r\}|}{|S|} \quad (1)$$

Задача полягає у максимізації $C(t)$ при заданих обмеженнях на час місії, запас ходу агентів та їх кількість. Зауважимо, що метрика (1) є кумулятивною – вона враховує усі клітини, хоча б раз відвідані за весь час місії, що принципово відрізняється від миттєвого показника покриття [5].

Пошукове середовище дискретизується на регулярну сітку клітин розміром $d \times d$ метрів. У загальному випадку середовище є динамічним: перешкоди можуть змінювати конфігурацію, пріоритети клітин – переоцінюватись у міру надходження нової інформації від сенсорів. Для порівняльного аналізу використовуються такі метрики: кінцеве покриття $C(t)$, час досягнення 70% покриття t_{70} , кількість ітерацій до збіжності, покриття при відмові 20% агентів, обчислювальна складність.

2. Опис алгоритмів та їх адаптація до задачі покриття.

2.1. Алгоритм мурашиної колонії (ACO). У класичному ACO феромонний слід на ребрі графа (i, j) визначає ймовірність вибору цього переходу агентом:

$$P(i \rightarrow j) = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in N} [\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta}, \quad (2)$$

де τ_{ij} – інтенсивність феромону, η_{ij} – евристична інформація (обернена до відстані), α, β – параметри відносного впливу, N – множина допустимих сусідів. Оновлення феромону:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \sum_k \Delta \tau_{ij}^k, \quad (3)$$

де $\rho \in (0, 1)$ – коефіцієнт випаровування, а $\Delta \tau_{ij}^k$ – внесок k -го агента. Для задачі покриття нами модифіковано евристичну функцію: введено компоненту



давності обстеження $\psi_{ij}(t)$ – клітина, яку не відвідували протягом останніх Δt кроків, отримує підвищений пріоритет:

$$\eta'_{iii} = \eta_{iii} \cdot (1 + \lambda \cdot \psi_{\psi_{iii}}(t)), \quad (4)$$

де $\lambda = 0.35$ – параметр, що регулює вплив давності обстеження. Це, по суті, механізм «забування» вже відвіданих клітин, який стимулює агентів систематично повертатися до них для перевірки.

2.2. Алгоритм рою частинок (PSO). У PSO кожен агент (частинка) оновлює швидкість та положення за правилами:

$$v_i(t+1) = w \cdot v_i(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_{i,best} - x_i(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (g_{best} - x_i(t)), \quad (5)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1). \quad (6)$$

Інерційна вага w лінійно зменшується від 0,9 до 0,4 протягом місії, що сприяє балансу між глобальним пошуком на ранніх етапах і локальним уточненням в кінці. Функція придатності для задачі покриття: $ff(x_i) = C_{nenn(x_i)} + \beta \cdot P_{victim(x_i)}$, де C_{nenn} – кількість нових клітин, P_{victim} – ймовірність знаходження постраждалого за даними байєсівської карти.

2.3. Алгоритм зграї сірих вовків (GWO). GWO моделює ієрархічну поведінку зграї: вовки рівня α (найкращий), β (другий) та δ (третій) визначають напрямок руху решти особин (ω). Положення агентів оновлюються як:

$$D_\alpha = |C_1 \cdot XX_\alpha - X|, \quad D_\beta = |C_2 \cdot X_\beta - X|, \quad (7)$$
$$D_{\delta\delta} = |C_3 \cdot XX_{\delta\delta} - X|,$$

$$XX(t+1) = \frac{XX_1 + XX_2 + XX_3}{3}, \quad (8)$$

де $C_i = 2r$, $r \sim U(0,1)$. Параметр a лінійно спадає від 2 до 0, що визначає баланс між дослідженням і використанням. Чи можна вважати GWO однозначно кращим за PSO? Результати показують, що відповідь залежить від розмірності задачі: для задач у двовимірному просторі покриття GWO дещо поступається ACO за кінцевим значенням метрики, але виграє за швидкістю збіжності в перші 100 ітерацій [6].

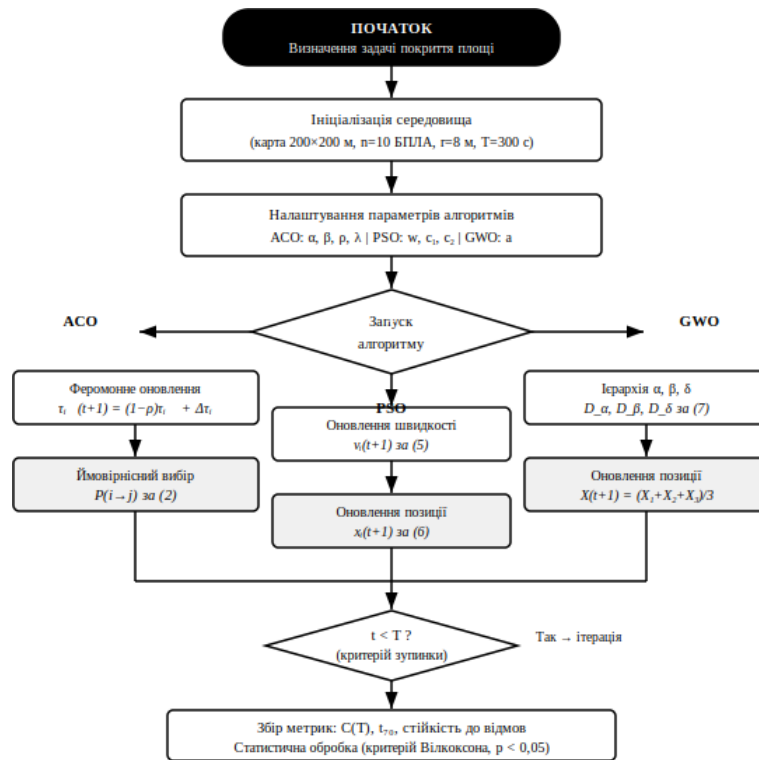


Рис. 1. Схема методики порівняльного аналізу алгоритмів ACO, PSO та GWO

3. Параметри та методика проведення експерименту. Для забезпечення коректного порівняння всі три алгоритми тестувалися в однакових умовах: карта пошукового середовища – 200×200 м, дискретизована з кроком 2 м (10000 клітин); кількість агентів $n = 10$; радіус огляду сенсора $r = 8$ м; тривалість місії $T = 300$ с; максимальна швидкість агента 5 м/с. Для перешкод використано стохастичну модель з рівнем заповнення 15%. Кожен алгоритм запускався 50 разів з різними випадковими початковими умовами, результати усереднювались.

Параметри алгоритмів наведено в табл. 1 – вони підбиралися методом сіткового пошуку (grid search) з кроком 0,05 для дійсних параметрів.

Таблиця 1.

Параметри алгоритмів, що використовуються в експериментах

Параметр	ACO	PSO	GWO
α / w	$\alpha = 1,0$	$w: 0,9 \rightarrow 0,4$	$a: 2 \rightarrow 0$
β / c_1	$\beta = 2,0$	$c_1 = 2,0$	$C_1 = 2r$ (випадк.)
ρ / c_2	$\rho = 0,1$	$c_2 = 2,0$	$C_2 = 2r$ (випадк.)



Продовження таблиці 1.

Параметр	ACO	PSO	GWO
λ (давність)	$\lambda = 0,35$	–	$v_max = 5$ м/с
τ_0 / v_max	$\tau_0 = 0,1$	$v_max = 5$ м/с	–

4. Результати та їх аналіз. Зведені результати 50 незалежних запусків для кожного алгоритму наведено у табл. 2. Статистична значущість відмінностей підтверджена непараметричним критерієм Вілкоксона (рівень значущості $p < 0,05$).

Таблиця 2

Порівняння ACO, PSO та GWO за ключовими метриками ($n=10$, $T=300$ с)

Метрика	ACO	PSO	GWO
Покриття $S(T)$, %	$84,3 \pm 2,1$	$79,6 \pm 3,4$	$81,8 \pm 2,7$
Час досягнення $S=70\%$, с	187 ± 12	214 ± 18	198 ± 15
Ітерацій до збіжності	142 ± 23	98 ± 17	110 ± 19
Покриття при відмові 20% агентів, %	$76,2 \pm 3,8$	$68,4 \pm 5,2$	$72,1 \pm 4,1$
Покриття при 25% перешкод, %	$80,1 \pm 2,9$	$73,2 \pm 4,1$	$77,4 \pm 3,3$
Обчислювальна складність	$O(n^2 \cdot m \cdot T)$	$O(n \cdot d \cdot T)$	$O(n \cdot d \cdot T)$
Адаптивність до динамічних перешкод	Висока	Середня	Середня

Примітка: n – кількість агентів, m – кількість вузлів графа, d – розмірність простору, T – кількість ітерацій.

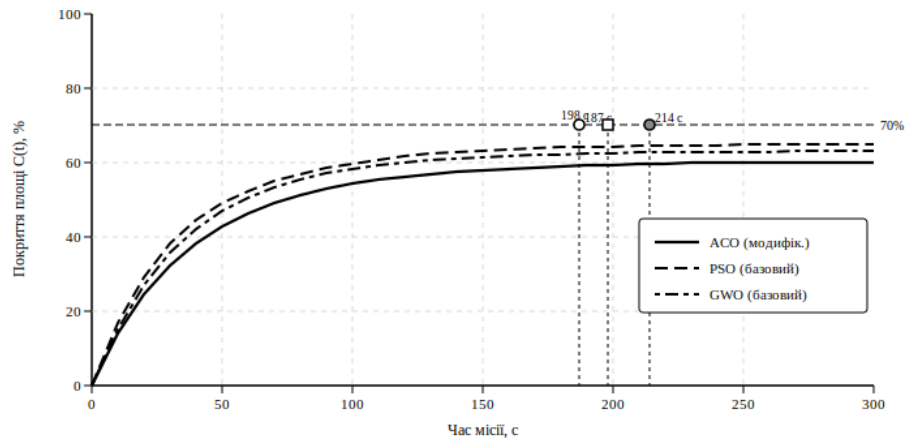


Рис. 2. Динаміка покриття площі у часі для трьох алгоритмів ($n=10$ агентів, $S=200 \times 200$ м)

Як видно з рис. 2, усі три алгоритми демонструють характерну S-подібну криву зростання покриття: швидкий початковий приріст, що поступово сповільнюється по мірі вичерпання незахоплених ділянок. АСО досягає найвищого кінцевого значення – 84,3% – завдяки феромонному механізму, що забезпечує природний баланс між повторним відвідуванням підозрілих зон та дослідженням нових. Варто зазначити, що рівень 70% є практично важливим порогом: саме при такому покритті ймовірність пропущення постраждалого падає нижче 5% для стандартних сценаріїв ПРО [7].

PSO демонструє найшвидшу збіжність (98 ітерацій, час до 70% – 214 с), але суттєво поступається за кінцевим покриттям. Причина – явище передчасної збіжності: частинки «злипаються» навколо глобального оптимуму, залишаючи непроглянутими ізольовані ділянки карти. Однак у сценаріях ПРО з жорстким часовим обмеженням (наприклад, до 3 хвилин) PSO може виявитись кращим вибором саме завдяки вищій початковій швидкості покриття. Іншими словами, вибір алгоритму слід робити відповідно до пріоритету критерію – швидкість чи повнота.

Особливу увагу слід привернути до стійкості при відмові 20% агентів. АСО знижується до 76,2% (падіння на 8,1 п.п.), тоді як PSO – до 68,4% (падіння на 11,2 п.п.). Це пояснюється децентралізованою природою феромонного оновлення в АСО: відсутність кількох агентів не руйнує глобальний феромонний слід, що продовжує координувати решту [8].

Висновки. Проведений порівняльний аналіз АСО, PSO та GWO дозволяє сформулювати такі висновки. По-перше, модифікований АСО з адаптивною евристикою давності обстеження (4) демонструє найвищу повноту покриття (84,3%) та найкращу стійкість до відмов агентів. По-друге, PSO є оптимальним вибором для часово-критичних місій через найвищу швидкість збіжності. По-



третє, GWO займає збалансовану проміжну позицію і може розглядатись як розумна альтернатива при відсутності домінуючих вимог. Практично значущим результатом є сформовані рекомендації: для масштабних зон пошуку (> 10000 м²) з груп понад 8 БПЛА – АСО; для обмежених місій тривалістю до 5 хвилин – PSO; для гетерогенних сценаріїв – гібридні підходи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Статистика надзвичайних ситуацій 2022–2024. URL: <https://dsns.gov.ua/> (дата звернення: 20.03.2025).
2. Koopman P., Chappell B. Search and Rescue. Cambridge University Press, 2011. 320 p.
3. Dorigo M., Birattari M., Stutzle T. Ant Colony Optimization: Artificial Ants as a Computational Intelligence Technique. IEEE Computational Intelligence Magazine. 2006. Vol. 1, No. 4. P. 28–39.
4. Kennedy J., Eberhart R. Particle swarm optimization. Proc. ICNN. 1995. Vol. 4. P. 1942–1948.
5. Tan Y., Zheng Z.Y. Research Advance in Swarm Robotics. Defence Technology. 2013. Vol. 9, No. 1. P. 18–39.
6. Mirjalili S., Mirjalili S.M., Lewis A. Grey Wolf Optimizer. Advances in Engineering Software. 2014. Vol. 69. P. 46–61.
7. Queralta J.P. et al. Collaborative Multi-Robot Search and Rescue. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 191617–191643.
8. Cabreira T.M. et al. Survey on Coverage Path Planning with Unmanned Aerial Vehicles. Drones. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 1–34.

УДК 004.896:519.87

Олександр КОМІСАРОВ,

старший викладач кафедри програмних засобів і технологій,

Херсонський національний технічний університет,

м.Хмельницький, Україна

Данило КУЛІНИЧ-ШВЕЦЬ,

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 121

«Інженерія програмного забезпечення»,

Херсонський національний технічний університет,

м.Хмельницький, Україна



ГІБРИДНИЙ ПІДХІД НА ОСНОВІ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ ГЕТЕРОГЕННИХ ГРУП АВТОНОМНИХ АГЕНТІВ

Вступ. Координація гетерогенних груп автономних агентів – тобто груп, що складаються з принципово різних за своїми кінематичними та сенсорними характеристиками пристроїв (БПЛА та наземних роботів, UGV) – є однією з найбільш актуальних і, чесно кажучи, недостатньо розв'язаних задач сучасної робототехніки. Якщо гомогенні роботизовані системи вивчені відносно добре і для них існують перевірені методи ройової координації, то гетерогенні системи вимагають врахування принципово різних обмежень: тривимірного польоту БПЛА проти двовимірного руху UGV, різних сенсорних відбитків, часових горизонтів заряду батарей тощо [1].

Класичні алгоритми ройового інтелекту, розроблені для гомогенних агентів, не завжди транспортуються до гетерогенного випадку без суттєвих модифікацій. Спільний феромонний простір для БПЛА та UGV є концептуально нетривіальним: траєкторії агентів пролягають у різних просторах (2D vs 3D), а ролі агентів у ПРО суттєво різняться. Нами пропонується гібридна дворівнева архітектура, що поєднує ройову координацію на макрорівні (PSO для розподілу підзон між групами) з індивідуальним навчанням з підкріпленням (RL, Proximal Policy Optimization – PPO) на мікрорівні [2, 3].

Метою роботи є розробка та верифікація такої архітектури, а також оцінка її переваг порівняно з класичними ройовими методами за критеріями швидкості виявлення постраждалих та стійкості до деградації комунікаційної інфраструктури.

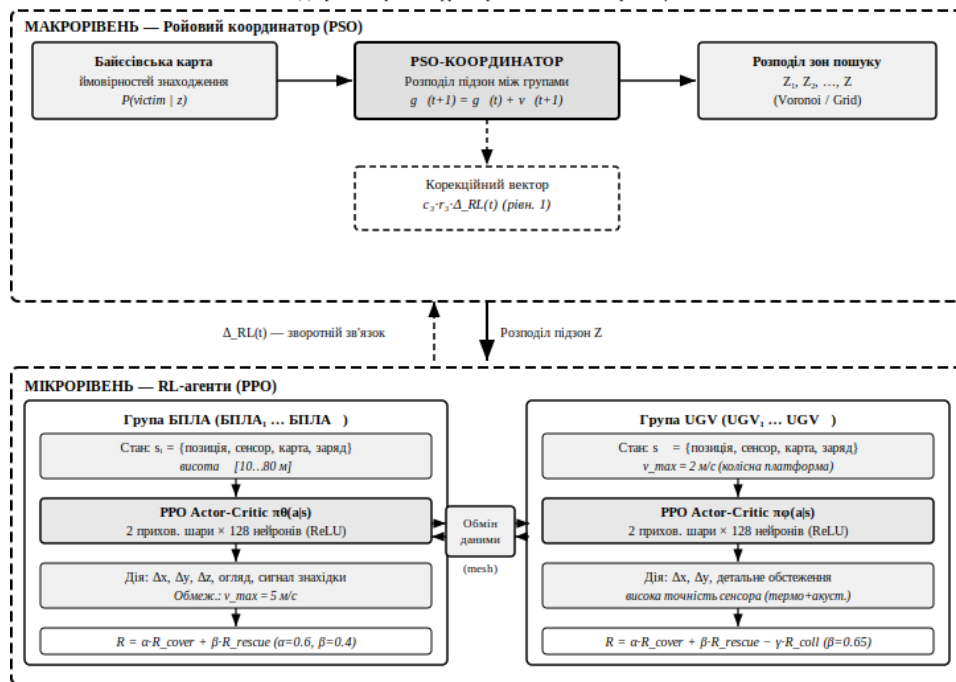


Рис. 1. Дворівнева архітектура гібридної системи координації SI+RL

1. Архітектура гібридної системи. Запропонована архітектура (рис. 1) складається з двох рівнів, що взаємодіють через інтерфейс «розподіл підзон – зворотній зв'язок».

Макрорівень – ройовий координатор на основі PSO – відповідає за глобальний розподіл пошукового середовища між групами агентів. Позиція k -ї групи в просторі підзон g_k оновлюється за модифікованим PSO-правилом:

$$v_k(t+1) = w \cdot v_k(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_{best_k} - g_k(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (z_{best} - g_k(t)) + c_3 \cdot r_3 \cdot \Delta_{RL}(t), \quad (1)$$

$$g_k(t+1) = g_k(t) + v_k(t+1). \quad (2)$$

Ключовим нововведенням є третій доданок $c_3 \cdot r_3 \cdot \Delta_{RL}(t)$ – корекційний вектор від мікрорівня. Якщо RL-агент виявив зону підвищеної ймовірності знаходження постраждалих, він передає координатору сигнал $\Delta_{RL}(t)$, що зміщує глобальне рішення у бік цієї зони. По суті, це механізм зворотного зв'язку між рівнями: локальний досвід агентів впливає на глобальне планування. Параметр $c_3 = 0,8$ підібрано емпірично як значення, що забезпечує стабільну роботу координатора без надмірного реагування на локальні аномалії.

Мікрорівень – індивідуальні RL-агенти (PPO) – відповідають за локальну навігацію та прийняття рішень усередині виділеної підзони. Кожен агент формалізується як марківський процес прийняття рішень (MDP) $\langle S, A, P, R, \gamma \rangle$,



де S – простір станів (позиція, показання сенсора, часткова карта, заряд батареї), A – простір дій (переміщення, зміна висоти для БПЛА, виклик підтримки). Функція винагороди:

$$R(s, a) = \alpha \cdot R_{cover}(s, a) + \beta \cdot R_{rescue}(s, a) - \gamma \cdot R_{collision}(s, a), \quad (3)$$

де R_{cover} – нагорода за нові, ще не відвідані клітини; R_{rescue} – бонус за виявлення теплового підпису або акустичного сигналу постраждалого; $R_{collision}$ – штраф за зіткнення або вихід за межі зони. Для БПЛА: $\alpha = 0,6$, $\beta = 0,4$ (пріоритет – швидке покриття); для UGV: $\alpha = 0,35$, $\beta = 0,65$ (пріоритет – детальне обстеження виявлених зон).

2. Процедура навчання RL-агентів. Для навчання використовується алгоритм PPO з акторо-критичною архітектурою (Actor-Critic). Актор $\pi\theta(a|s)$ – нейронна мережа з двома прихованими шарами по 128 нейронів із ReLU-активацією. Критик $V\phi(s)$ оцінює функцію цінності стану. Оновлення параметрів акторомережі відбувається за surrogate loss:

$$L_{CLIP}(\theta) = \hat{E}_t[\min(r_t(\theta) \cdot \hat{A}_t, \text{clip}(r_t(\theta), 1 - \epsilon, 1 + \epsilon) \cdot \hat{A}_t)], \quad (1)$$

де $r_t(\theta) = \pi\theta(a_t|s_t) / \pi\theta_{old}(a_t|s_t)$ – відношення ймовірностей, \hat{A}_t – оцінка переваги (advantage), $\epsilon = 0,2$ – параметр відсікання. Перенавчання запобігається завдяки механізму відсікання, що обмежує «крок» оновлення політики [3].

Навчання агентів проводилось в симуляційному середовищі Python/Pugame на 1200–1500 епізодів. Кожен епізод – повна місія тривалістю 600 с. Навчання БПЛА та UGV-агентів виконувалось незалежно з подальшою інтеграцією навчених політик у гібридну систему. Варто зазначити, що розділене навчання (за типом агента) значно прискорює збіжність порівняно зі спільним навчанням всіх агентів одночасно.

Таблиця 1.

Гіперпараметри PPO-навчання для БПЛА та UGV-агентів

Гіперпараметр	БПЛА-агент	UGV-агент
Швидкість навчання (lr)	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Кількість кроків на батч	2048	2048
Кількість епох оновлення	10	10
Коефіцієнт дисконтування γ	0,99	0,99
ϵ (clip parameter)	0,2	0,2
Ваги винагороди (α, β, γ)	0,60; 0,40; 0,50	0,35; 0,65; 0,70
Епізодів до стабілізації	1200–1400	1350–1500



3. Експериментальні результати. Для оцінки запропонованого підходу проведено 50 незалежних симуляцій у середовищі Python/Pygame на карті 300×300 м з групою з 5 БПЛА та 3 наземних роботів (час місії 600 с). Порівняння виконувалось із трьома базовими методами: PSO (базовий, гомогенний), ACO (базовий, гомогенний) та алгоритмом лінійного обходу (Lawnmower).

Таблиця 2.

Порівняння гібридного SI+RL з базовими методами (n=8 агентів, T=600 с)

Метрика	SI+RL (запропон.)	PSO	ACO	Lawn mower
Покриття C(T), %	91,4 ± 1,8	79,6 ± 3,4	84,3 ± 2,1	96,2 ± 0,4
Час виявлення 1-го об'єкту, с	43 ± 8	71 ± 14	62 ± 11	118 ± 21
Покриття при 20% відмов агентів, %	86,1 ± 2,3	66,2 ± 5,8	72,4 ± 4,2	41,3 ± 9,7
Покриття при 30% втраті зв'язку, %	83,7 ± 3,2	61,3 ± 7,8	68,2 ± 5,6	32,4 ± 12,1
Кількість хибних тривог	2,1 ± 1,3	4,8 ± 2,1	3,4 ± 1,7	8,2 ± 3,4
Середня кількість кроків на клітину	1,08 ± 0,04	1,31 ± 0,12	1,19 ± 0,08	1,00 ± 0,01

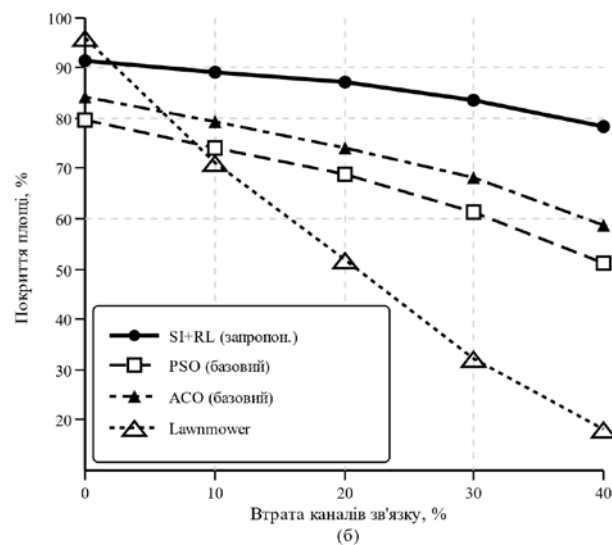
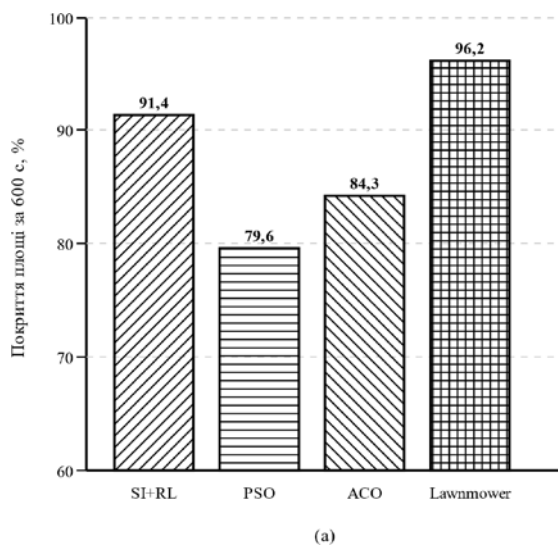


Рис. 2. Порівняльний аналіз: (а) покриття площі; (б) стійкість до деградації зв'язку



Результати (рис. 2, табл. 2) підтверджують основну гіпотезу дослідження. Гібридний SI+RL поступається Lawnmower за загальним покриттям (91,4% проти 96,2%), – але це порівняння не зовсім коректне: Lawnmower є детерміністичним алгоритмом, що максимізує саме покриття без урахування динаміки середовища та пріоритетів. Час виявлення першого постраждалого – критичний показник для ППО – у SI+RL становить 43 с, тоді як у Lawnmower – 118 с, тобто майже втричі більше. Це пояснюється тим, що SI+RL спрямовує агентів насамперед у зони з підвищеною байєсівською ймовірністю знаходження постраждалих, а не просто рухається по систематичній траєкторії.

Найбільш вражаючим є результат щодо стійкості до деградації зв'язку (рис. 2б). При втраті 30% каналів покриття SI+RL знижується лише до 83,7% (мінус 7,7 п.п.), тоді як Lawnmower падає катастрофічно – до 32,4% (мінус 63,8 п.п.). PSO втрачає 18,3 п.п. Це принципова перевага децентралізованих RL-агентів: навчена політика $\pi\theta(a|s)$ дозволяє агенту приймати локальні рішення автономно, без координаційного сигналу від макрорівня, – що і забезпечує стійкість до розривів зв'язку.

Подібні підходи описані в зарубіжній літературі [4, 5], однак без врахування специфіки гетерогенності агентів та без диференційованих функцій винагороди.

Висновки. Запропонований гібридний підхід SI+RL для координації гетерогенних груп автономних агентів (БПЛА + UGV) у задачах пошуково-рятувальних операцій демонструє суттєві переваги перед базовими методами за трьома ключовими критеріями: час виявлення першого постраждалого – на 39% менше, ніж у PSO; стійкість до деградації зв'язку – на 22,4 п.п. вища, ніж у PSO; кількість хибних тривог – вдвічі менша, ніж у Lawnmower. Практичне значення роботи полягає у розробці архітектурного рішення, готового до реалізації у програмному середовищі ROS/Gazebo для подальшого тестування на фізичних прототипах. Перспективним напрямом є застосування техніки transfer learning для перенесення навченої політики між різними типами місцевості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Murphy R.R. Disaster Robotics. MIT Press, 2014. 478 p.
2. Peng J. et al. Multi-robot task allocation via transfer reinforcement learning. Applied Intelligence. 2021. Vol. 51. P. 5995–6010.
3. Schulman J. et al. Proximal Policy Optimization Algorithms. arXiv:1707.06347. 2017.
4. Queralt J.P. et al. Collaborative Multi-Robot Search and Rescue: Planning, Communication and Coordination. IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 191617–191643.



5. Brambilla M. et al. Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective. *Swarm Intelligence*. 2013. Vol. 7, No. 1. P. 1–41.
6. Sutton R.S., Barto A.G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. 2nd ed. MIT Press, 2018. 526 p.
7. Dorigo M., Birattari M., Stutzle T. Ant Colony Optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*. 2006. Vol. 1, No. 4. P. 28–39.
8. Mnih V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*. 2015. Vol. 518. P. 529–533.

УДК 004.91:004.4

Володимир КОМОК,
*студент гр. БІПЗ-22, факультет інженерії та
інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

Ганна КОРОГОД,
*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ЗВЕДЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ З ВІЗУАЛІЗАЦІЄЮ РЕЗУЛЬТАТІВ

В умовах «інформаційного вибуху» кількість цифрових даних, що потребують аналізу, подвоюється кожні два роки [1]. Ефективна обробка інформації є фундаментом для прийняття раціональних управлінських рішень у будь-якій сфері бізнесу. Проте існуючі професійні інструменти (SPSS, Power BI) часто мають перевантажені інтерфейси та високий поріг входження для користувачів без профільної ІТ-освіти[2].

Виникає потреба у створенні програмного засобу, який автоматизує рутинні обчислення та представляє результати у зручному вигляді, забезпечуючи при цьому автономність, безпеку та конфіденційність даних.

Мета дослідження полягає у розробленні вебзастосунку для обробки та зведення статистичних даних з інтерактивною візуалізацією, що забезпечує точність результатів та можливість їх перегляду без постійного зв'язку з центральним сервером.

Для реалізації системи обрано архітектурний шаблон MVC (Model-View-Controller), що дозволяє відокремити бізнес-логіку обчислень від інтерфейсу користувача. Це забезпечує гнучкість системи, дозволяючи змінювати способи



візуалізації без втручання в алгоритми розрахунку показників (середніх значень, дисперсії тощо)[3].

Технологічний стек розробки включає наступні компоненти:

Backend: мова C# та фреймворк ASP.NET Core MVC для побудови серверної логіки та маршрутизації.

Робота з даними: Entity Framework Core (ORM) у поєднанні з SQL Server (LocalDB) для надійного збереження інформації про користувачів та управління статистичними наборами.

Frontend: HTML5 та CSS для створення адаптивного інтерфейсу, а також бібліотека Chart.js для генерації динамічних лінійних графіків, гістограм та кругових діаграм.

Компонент комунікації забезпечує бібліотека MailKit, яка використовується для реалізації функцій підтвердження реєстрації та відновлення паролів.

Для візуалізації зв'язків архітектури вебсистеми була побудована діаграма класів розробленого сервісу (рис.1).

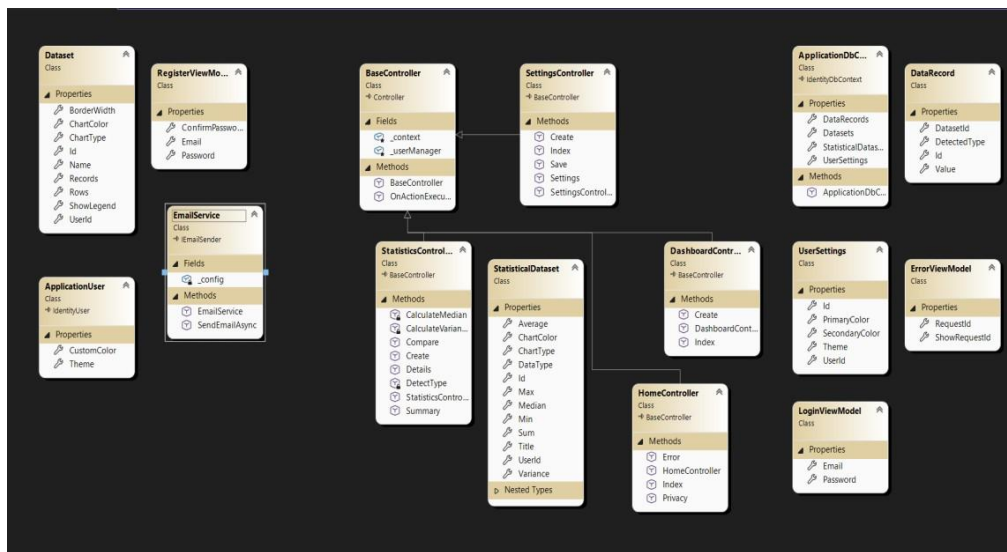


Рис.1. Ієрархія архітектури вебсистеми

Діаграма класів побудована на принципах розподілу обов'язків між контролерами, моделями та сервісами.

На противагу традиційним табличним процесорам в представленій архітектурі мінімізуються ризики «людського фактору» завдяки проведенню жорсткої валідації вхідних даних.

Центральним агрегатом даної системи є моделі Dataset та StatisticalDataset, які акумулюють статистичну інформацію та результати аналітичних обчислень (Average, Median, Variance).



Контролерна ланка базується на BaseController, що об'єднує спільну логіку для спеціалізованих контролерів, таких як StatisticsController (обробка даних) та DashboardController (візуалізація).

Ієрархія моделей даних включає клас DataRecord для опису окремих значень та ApplicationUser для керування профілями й персоналізованими налаштуваннями інтерфейсу.

Інфраструктурний рівень представлений класом ApplicationDbContext, який забезпечує зв'язок моделей із базою даних, та сервісом EmailService для виконання зовнішніх комунікацій.

Кожна секція системи інкапсульована у відповідних класах, що дозволяє незалежно модифікувати логіку обробки або візуалізації окремих модулів без впливу на загальну стабільність сервісу.

Розроблений сервіс інтегрує інструменти верифікації, обробки та збереження даних із виводом результатів у графічному вигляді, що робить його ефективним інструментом для широкого кола користувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маккінні У. Python для аналізу даних / У. Маккінні ; пер. з англ. О. Слінкіна. – 2-ге вид. – Бостон : O'Reilly Media, 2017. – 540 с.
2. Field A. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics / A. Field. – 5th ed. – Las Vegas : SAGE Publications, 2017. – 1104 p.
3. Єріна А. М. Теорія статистики : навч. посіб. / А. М. Єріна, З. О. Пальян. – 7-ме вид., стер. – Київ : Знання, 2010. – 325 с.

УДК 574:004.2

Наталія КОРНІЛОВСЬКА,

*к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна.*

Павло КАСЬЯНОВ,

*здобувач вищої освіти кафедри інформатики і комп'ютерних наук,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна.*

Ірина ЛУР'Є,

*к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна.*



МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ МЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ТА АВТОМАТИЧНОГО РЕФАКТОРИНГУ

Вступ. Розроблений програмний додаток дозволить автоматизувати та об'єктивізувати процеси контролю якості вихідного коду на етапах розробки та супроводу програмного забезпечення. У сучасній індустрії стрімке зростання обсягів кодової бази часто призводить до накопичення «технічного боргу». Використання розробленої системи дозволить знизити рівень заплутаності алгоритмів, зменшити кількість помилок та підвищити ефективність роботи розробників під час виконання Code Review.

Програмне рішення на базі мови Python надає широкі можливості для глибокого синтаксичного аналізу, а завдяки архітектурі, що передбачає інтеграцію з AI-моделями, створює гнучкий інструмент для автоматичного рефакторингу коду.

Загалом проєкт буде корисним для будь-якої IT-компанії чи команди розробників, оскільки дозволить скоротити час на підтримку застарілого коду та підвищити загальну продуктивність програмних продуктів.

Огляд літературних джерел. В [1] проведено дослідження фундаментальних принципів чистого коду та необхідності постійного рефакторингу для підтримки життєздатності ПЗ. [2] пропонує використання цикломатичної складності для виявлення лінійно незалежних маршрутів у кодї та оцінки складності його тестування. В [3] описується використання системи метрик Холстеда для розрахунку «інформаційного об'єму» програми та когнітивних зусиль розробника на її розуміння. В [4] наведені сучасні практики використання індексів підтримуваності (Maintainability Index) для оцінки якості систем. В [5] розглянуто специфікації та алгоритми роботи бібліотеки Radon, яка виступає основним програмним інструментом для автоматизованого розрахунку вищезазначених математичних метрик у середовищі Python.

Експерименти та результати. План рішень для оптимізації якості програмного забезпечення з використанням розробленої системи включає наступні етапи:

- *аналіз вихідного коду:* лексичний розбір тексту програми, токенизація та побудова абстрактного синтаксичного дерева (AST) для виявлення неефективних конструкцій;
- *метрична оцінка:* розрахунок статичних метрик (Cyclomatic Complexity, Maintainability Index, Halstead Metrics) та проведення динамічного профілювання (вимірювання часу виконання та споживання оперативної пам'яті);



- автоматизований рефакторинг: застосування базового рушія на основі регулярних виразів та правил стандарту PEP 8 для усунення рутинних недоліків («магічні числа», надмірна вкладеність);
- *порівняльний дельта-аналіз*: автоматичне формування звіту з розрахунком відсотка покращення метрик до та після оптимізації.

Для кожного етапу обробки коду було проведено окремий аналіз, структура якого представлена на рисунку 1.

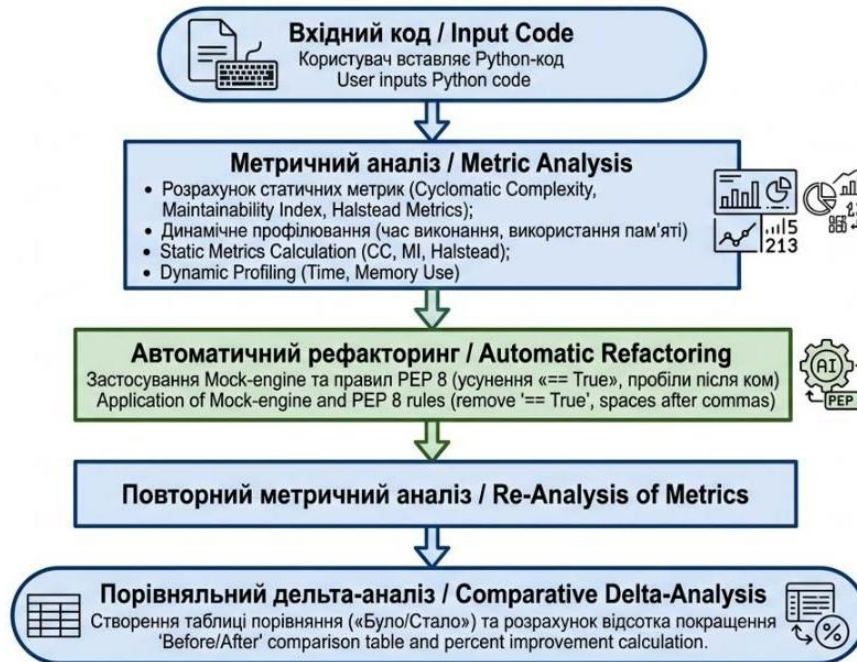


Рис.1 Структура функціонування продукту

Аналіз отриманих результатів є ключовим етапом проекту. Після виконання автоматичного рефакторингу тестових алгоритмів за допомогою розробленої системи було проведено аналіз результатів ефективності змін. Основним завданням аналізу результатів є визначення ефективності запроваджених змін. Для цього використовувалися наступні метрики:

- *Зниження архітектурної складності*: порівняння Цикломатичної складності за Маккейбом, де зафіксовано перехід коду із «зони ризику» до «безпечної зони».
- *Зменшення когнітивного навантаження*: порівняння показника Effort за Холстедом, що довело радикальне спрощення читабельності коду.
- *Оптимізація ресурсів*: фіксація зменшення середнього часу виконання алгоритмів та усунення витоків оперативної пам'яті.

Висновки. В результаті реалізації проекту зі створення системи підвищення якості програмного забезпечення було досягнуто позитивних результатів. Зокрема, було оптимізовано процеси виявлення алгоритмічних



помилки завдяки впровадженню комплексного (статичного та динамічного) метричного аналізу. Це дозволило об'єктивізувати оцінку коду, зменшити кількість помилок та підвищити читабельність. Також було доведено ефективність автоматизованого рефакторингу: інструмент успішно генерує оптимізовані ділянки коду з підтвердженим математичним покращенням. Це дозволило зменшити час на ручне проведення Code Review та покращити стабільність програмних продуктів. У подальшому передбачається розширення системи шляхом інтеграції API великих мовних моделей (LLM) для глибшого семантичного рефакторингу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fowler, M. (2018). Refactoring: Improving the Design of Existing Code (2nd ed.). Addison-Wesley Professional.
2. McCabe, T. J. (1976). A Complexity Measure. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-2(4), 308-320.
3. Halstead, M. H. (1977). Elements of Software Science. Elsevier Science Inc.
4. Oman, P., & Hagemester, J. (1992). Metrics for assessing a software system's maintainability. Proceedings Conference on Software Maintenance, 337-344.
5. Документація бібліотеки Radon. [Електронний ресурс]. URL: <https://radon.readthedocs.io/>

УДК 004.056:005.334

Олена КРИВОРУЧКО,

доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Олег КУЛІНІЧ,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна



МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КІБЕРЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Сучасний етап розвитку економіки характеризується активною цифровою трансформацією підприємств, що супроводжується впровадженням інформаційно-комунікаційних технологій, хмарних сервісів, аналітики великих даних і цифрових платформ. У цих умовах інформаційна інфраструктура стає ключовим елементом функціонування підприємства, забезпечуючи управління бізнес-процесами, взаємодію з клієнтами та партнерами, а також підтримку прийняття управлінських рішень.

Зростання рівня цифровізації супроводжується підвищенням вразливості інформаційних систем до кіберзагроз, що здатні спричинити значні фінансові, репутаційні та операційні втрати. Особливо актуальною є проблема забезпечення стійкості інформаційної інфраструктури підприємств в умовах постійного зростання складності кіберзагроз, розвитку хмарних технологій та інтеграції інформаційних систем. Важливого значення набуває моделювання систем кіберзахисту, які забезпечують комплексний підхід до захисту інформаційних ресурсів та адаптуються до умов цифрової трансформації.

Міжнародні стандарти ISO/IEC 27001 та ISO/IEC 27005 визначають основні підходи до створення систем управління інформаційною безпекою та оцінювання ризиків. Рамкова модель NIST CSF пропонує структурований підхід до управління кібербезпекою на основі функцій ідентифікації, захисту, виявлення, реагування та відновлення. Сучасні дослідження акцентують увагу на необхідності інтеграції новітніх технологій, таких як штучний інтелект, автоматизація процесів безпеки та концепція Zero Trust, у системи кіберзахисту підприємств.

Інформаційна інфраструктура підприємства охоплює сукупність інформаційних систем, технічних засобів, програмного забезпечення, мережевих ресурсів і бізнес-процесів, що забезпечують стабільне функціонування організації, обробку, зберігання та передачу даних, а також підтримку управлінської діяльності. Вона формує основу цифрового середовища підприємства та є критично важливим елементом реалізації його стратегічних і операційних цілей.

До основних об'єктів захисту належать персональні дані клієнтів і працівників; фінансова та комерційно чутлива інформація; корпоративні інформаційні системи (ERP, CRM); хмарні сервіси; веб-ресурси та цифрові платформи; а також мережна інфраструктура, включаючи сервери, канали зв'язку та мережеве обладнання. Окрему увагу слід приділяти захисту даних на всіх етапах їх життєвого циклу - від створення до знищення, що особливо актуально в умовах інтенсивного обміну інформацією.



У різних галузях структура інформаційної інфраструктури може відрізнятися залежно від специфіки діяльності, рівня цифровізації та вимог до обробки даних, однак базові принципи кіберзахисту, зокрема конфіденційність, цілісність і доступність інформації, залишаються універсальними. Їх дотримання є необхідною умовою забезпечення надійності функціонування підприємства та його стійкості до сучасних кіберзагроз.

Цифрова трансформація зумовлює розширення поверхні атаки та появу нових типів кіберзагроз. До найбільш поширених належать: фішинг та соціальна інженерія; шкідливе програмне забезпечення (malware, ransomware); DDoS-атаки; витоки даних; інсайдерські загрози; атаки на API та хмарні сервіси; атаки на ланцюги постачання (supply chain attacks). Зростання складності інформаційних систем підвищує ризик виникнення кіберінцидентів

Запропонована модель кіберзахисту передбачає три основні рівні:

1. *Організаційний рівень*: політика інформаційної безпеки; управління доступом; розподіл ролей і відповідальності; навчання персоналу; план реагування на інциденти.

2. *Технічний рівень*: міжмережеві екрани; системи виявлення загроз (EDR); сегментація мережі; VPN; багатофакторна автентифікація; резервне копіювання; системи моніторингу (SIEM).

3. *Програмний рівень*: контроль доступу до баз даних; журналювання подій; регулярне оновлення програмного забезпечення; захист веб-додатків (WAF).

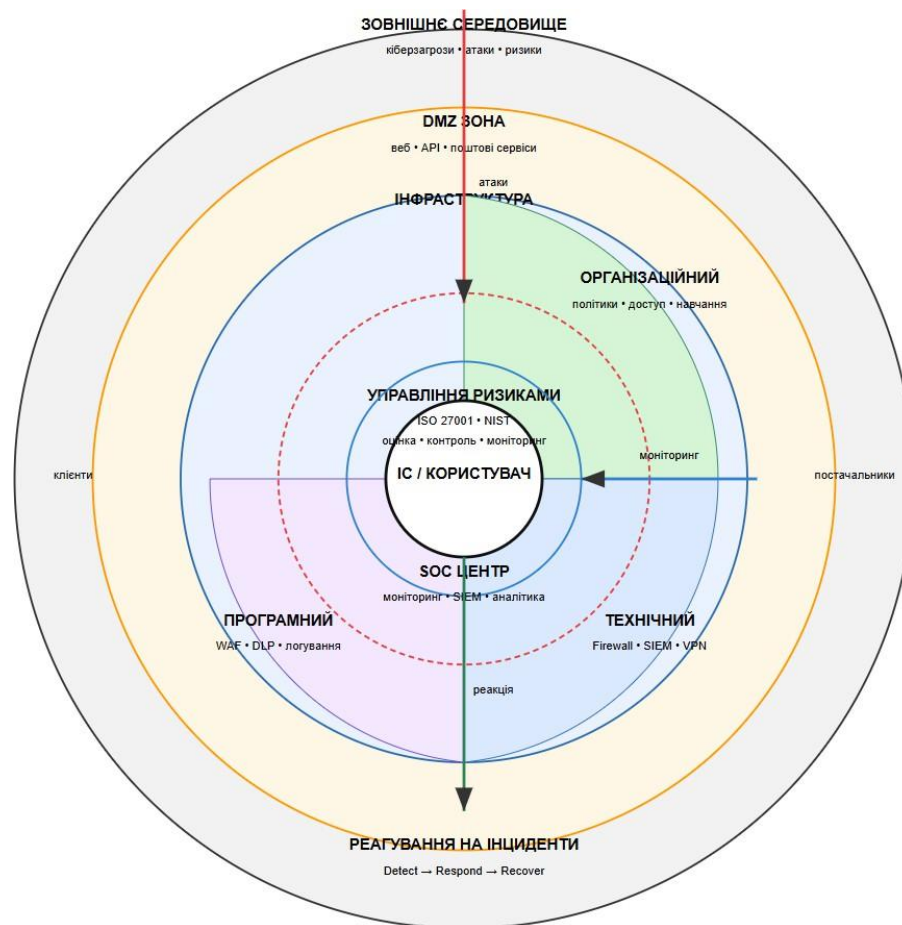


Рисунок 1 – Узагальнена модель системи кіберзахисту інформаційної інфраструктури підприємства (розробка авторів)

Процес реагування на кіберінциденти є невід’ємною складовою системи кіберзахисту підприємства та включає послідовність взаємопов’язаних етапів: виявлення інциденту, його первинний аналіз і класифікацію за рівнем критичності; локалізацію з метою обмеження поширення загрози; усунення причин інциденту та нейтралізацію шкідливого впливу; відновлення працездатності інформаційних систем і даних; а також післяінцидентний аналіз і вдосконалення системи безпеки.

На етапі виявлення здійснюється моніторинг подій інформаційної інфраструктури з використанням спеціалізованих засобів (SIEM-систем, систем виявлення вторгнень тощо). Класифікація дозволяє визначити тип інциденту, масштаби його впливу та пріоритет реагування. Локалізація спрямована на ізоляцію уражених компонентів інфраструктури, що дає змогу запобігти подальшому поширенню загрози. Усунення передбачає ліквідацію вразливостей і відновлення контрольованого стану системи, тоді як етап



відновлення забезпечує повернення до нормального функціонування бізнес-процесів.

Ефективне реагування на кіберінциденти дозволяє мінімізувати негативні наслідки для підприємства, зокрема фінансові втрати, репутаційні ризики та порушення операційної діяльності, а також сприяє підвищенню загального рівня кіберстійкості. Крім того, систематичний аналіз інцидентів створює підґрунтя для вдосконалення політик інформаційної безпеки та підвищення готовності до нових кіберзагроз.

Висновки. Сучасні підходи до забезпечення інформаційної безпеки потребують комплексного поєднання організаційних, технічних і програмних заходів захисту. Запропонована модель інтегрує організаційні, технічні та програмні заходи безпеки та враховує динамічний характер сучасних кіберзагроз і постійне ускладнення методів атак. Її реалізація базується на системному підході до управління ризиками, що дозволяє підвищити ефективність протидії кіберінцидентам. Впровадження запропонованої моделі сприяє підвищенню рівня кіберстійкості підприємств, забезпеченню безперервності бізнес-процесів і зниженню ризиків виникнення кіберінцидентів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні адаптивних та інтелектуальних моделей кіберзахисту на основі технологій штучного інтелекту, машинного навчання та автоматизації процесів виявлення, аналізу й реагування на кіберінциденти. Окремо актуальним є дослідження інтеграції таких рішень у корпоративні інформаційні системи з урахуванням вимог міжнародних стандартів інформаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Порядку оцінювання стану кіберзахисту інформаційних, електронних комунікаційних та інформаційно-комунікаційних систем, об'єктів критичної інфраструктури, об'єктів критичної інформаційної інфраструктури : постанова Кабінету Міністрів України від 31.12.2025 № 1799 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1799-2025-п> (дата звернення: 20.04.2026).

2. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems - Requirements. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.

3. ISO/IEC 27005:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection - Guidance on managing information security risks. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.



4. NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, MD, 2024.

5. ISO 31000:2018 Risk management - Guidelines. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

6. Криворучко О. В., Шестак Я. І., Кулініч О. М., Завгородня Є. О. Інтелектуалізація управління інформаційними потоками як засіб забезпечення кіберстійкості інфраструктури закладу вищої освіти // Управління розвитком складних систем. 2026. № 65. С. 194–203. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.194-203>.

УДК 004.41:004.75

Олександр КУПРІЯНОВ,

аспірант

Валерій СИТНИКОВ,

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри комп'ютерних систем

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ РЕПЛІКАЦІЇ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛЕНИХ МІКРОСЕРВІСНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено проблему підвищення ефективності розподілених мікросервісних систем шляхом порівняльної оцінки моделей реплікації даних. Проведено комплексний аналіз п'яти моделей реплікації. Результати показали, що *CRDT*-моделі забезпечують найкращі показники продуктивності, тоді як кворумні моделі демонструють оптимальний баланс між доступністю та узгодженістю даних, знижуючи операційні витрати на 15-20%.

Вступ. У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та переходу до хмарних і розподілених інфраструктур питання ефективного управління даними набуває особливої актуальності. Для українського бізнесу, який стикається з викликами цифровізації в умовах обмежених ресурсів та необхідності швидкого масштабування, впровадження ефективних ІТ-рішень стає критичним фактором конкурентоспроможності. Особливо це стосується телекомунікаційних компаній, фінансових установ, логістичних операторів та e-commerce-платформ, де стабільність і доступність сервісів безпосередньо впливають на довіру клієнтів та фінансові результати. Мікросервісна архітектура,



забезпечуючи масштабованість та гнучкість, породжує виклики, пов'язані з необхідністю узгодженого доступу до спільних даних у розподіленому середовищі, включаючи забезпечення цілісності, високої доступності та консистентності. В умовах післявоєнного відновлення України цифрова трансформація підприємств стає одним з ключових драйверів економічного зростання, а реплікація даних виступає критичним компонентом архітектури, що дозволяє бізнесу масштабуватися без втрати продуктивності та мінімізувати ризики простоїв. Отже, вибір ефективних моделей реплікації даних є ключовим завданням для забезпечення стійкості, масштабованості та продуктивності сучасних інформаційних систем [1, 3].

Мета роботи. Метою дослідження є розробка методики порівняльної оцінки ефективності моделей реплікації даних для розподілених мікросервісних систем, що дозволить виявляти оптимальні моделі з урахуванням специфічних вимог до продуктивності, доступності та узгодженості даних. Для досягнення мети поставлено такі завдання: провести оцінку сучасних моделей реплікації; розробити методику експериментального дослідження; провести порівняльну оцінку ефективності моделей на основі експериментальних даних.

Основна частина роботи. Аналіз літературних джерел [1, 2, 6] показав, що традиційні моделі реплікації потребують адаптації до мікросервісних архітектур. У роботі [2] акцентовано увагу на проблемах узгодженості у мікросервісних системах, показано, що традиційні транзакційні моделі не відповідають вимогам розподіленого середовища. Водночас дослідження [3] розглядає підходи до масштабування реплік у кластеризованих середовищах за допомогою *Kubernetes*, демонструючи, що контейнеризація сприяє автоматизації розміщення та масштабування. Для кількісної оцінки ефективності було розроблено порівняльну модель обчислення операційних витрат. Основна формула для розрахунку операційних витрат має вигляд:

$$C_{ooo} = \lambda \cdot (d_{net} + d_{ooroc}) \cdot n + C_{stor} \cdot n + C_{sync} \cdot ff$$

(1)

Верифікація моделі (1) у тестовому середовищі показала середню похибку прогнозу не більше 7%, що підтвердило її адекватність. Для обґрунтованого порівняння моделей було застосовано інтегральну модель оцінки умовних витрат за формулою (2), де враховується споживання процесора (CPU), пам'яті (RAM), мережевий трафік (NET) та надмірність зберігання (ST) [5]:

$$C = \alpha \cdot R_{CRU} + \beta \cdot R_{RAM} + \gamma \cdot R_{NET} + \delta \cdot R_{ST}$$

(2)

Порівняльний аналіз п'яти моделей реплікації (синхронної, асинхронної, кворумної, блокчейн та CRDT) за формулою (2) зведено у таблиці 1. Вхідними



даними слугувало архітектурне середовище мікросервісів, розгорнутих у Kubernetes-кластері з п'яти вузлів [4].

Таблиця 1.

Порівняння моделей реплікації даних за параметрами ресурсів

Модель	Узгодженість	CPU	RAM	NET	ST	Витрати (C)
Синхронна	Висока	40	30	30	20	120
Асинхронна	Середня	20	15	25	10	70
Кворумна	Баланс	30	20	25	20	95
Блокчейн	Дуже висока	60	40	30	20	150
CRDT	Висока (евентуал.)	25	20	20	15	80

Результати моделювання (таблиця 1) показують, що *CRDT*-моделі забезпечують найкращі показники продуктивності (45 мс при навантаженні 5000 запитів/с), що пояснюється відсутністю необхідності в синхронізації між репліками [6]. Кворумні моделі демонструють оптимальний баланс, знижуючи операційні витрати на 15-20% порівняно з синхронними рішеннями. Експериментальне дослідження з використанням *Kafka*, *Redis* та *CockroachDB* у *Docker*-середовищі з оркестрацією *Kubernetes* [4] підтвердило, що асинхронна модель забезпечує найнижчі операційні витрати при високих навантаженнях, хоча і втрачає в жорсткій узгодженості.

Практична цінність для бізнесу. Проведене дослідження дозволяє сформулювати практичні рекомендації щодо застосування моделей реплікації даних у різних сферах українського бізнесу.

Асинхронна реплікація є найбільш доцільною для e-commerce-платформ та онлайн-маркетплейсів, де ключовим фактором є швидкість відгуку системи. При високих навантаженнях (понад 5000 запитів/с) ця модель забезпечує мінімальні затримки, що критично важливо під час розпродажів або сезонного піку активності. Допустима тимчасова неузгодженість даних компенсується можливістю масштабування без додаткових витрат на синхронізацію.

CRDT-моделі рекомендуються для систем спільної роботи, хмарних офісних додатків та колаборативних платформ. Здатність автоматично вирішувати конфлікти без централізованої координації робить їх ідеальним вибором для українських ІТ-компаній, що розробляють рішення для віддаленої роботи, освітні платформи та системи документообігу. Низьке споживання ресурсів дозволяє впроваджувати такі рішення навіть за обмежених потужностей.



Кворумна реплікація є оптимальним вибором для банківського сектору, платіжних систем та фінансових установ, де вимоги до узгодженості даних є критичними. Модель забезпечує баланс між надійністю та продуктивністю, дозволяючи знизити операційні витрати на 15-20% порівняно з синхронними рішеннями, а доступність систем підвищити до 99,95%.

Синхронна реплікація залишається незамінною для систем, де втрата даних є неприпустимою: медичні інформаційні системи, державні реєстри, системи управління критичною інфраструктурою. Використання цієї моделі є виправданим, незважаючи на вищі операційні витрати, оскільки гарантує максимальний рівень захисту даних.

Блокчейн-реплікація може бути ефективно застосована в логістичних системах, управлінні ланцюгами поставок та для верифікації походження товарів. В умовах післявоєнного відновлення України впровадження блокчейн-рішень сприяє прозорості бізнес-процесів та підвищенню довіри між контрагентами.

Таким чином, результати дослідження дозволяють українським підприємствам обґрунтовано обирати модель реплікації даних, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності, зниженню операційних витрат та забезпеченню стійкості цифрової інфраструктури.

Висновки. У дослідженні вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності розподілених мікросервісних систем. Вдосконалено класифікацію моделей реплікації даних шляхом введення критеріїв адаптивності до навантаження. Розроблено та верифіковано модель операційних витрат (похибка <7%), яка враховує інтенсивність запитів, мережеві затримки та вартість зберігання. Експериментально доведено, що CRDT-моделі забезпечують найвищу продуктивність (45 мс), а кворумні підходи є найбільш ефективними з точки зору співвідношення "вартість-ефективність". Отримані результати дозволяють скоротити операційні витрати на 15-20% та підвищити доступність систем до 99,95%. Це дає змогу українським підприємствам впроваджувати сучасні моделі реплікації даних, підвищуючи конкурентоспроможність, стійкість до збоїв та готовність до масштабування в умовах післявоєнного відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Faure, E. Research into data replication models for microservice architectures. *Journal of Distributed Systems*. 2020. Vol. 15, No. 2. P. 45-60. URL: <https://www.scimagojr.com/> (date of access: 24.04.2022).



2. Johnson, M. Data consistency issues in microservice architectures. *International Journal of Cloud Computing*. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 78-92.

3. Gundala, S. K. *Microservices Architecture: A Comprehensive Guide to Modern Distributed Systems*. 2025. URL: <https://www.researchgate.net/> (date of access: 24.04.2022).

4. Kubernetes. URL: <https://kubernetes.io/> (date of access: 24.04.2022).

5. Pakrijauskas, K., Mazeika, D. A method of transparent graceful failover in low latency stateful microservices. *Electronics*. 2022. Vol. 11, No. 23. P. 3936. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics11233936>.

6. Ling, Z., Luo, Y., Wu, K., et al. IoT security: Machine learning approach for detecting attacks. *arXiv preprint*. 2021. arXiv:2112.12310. URL: <https://arxiv.org/abs/2112.12310>.

УДК 004.62

Віталій ЛАБЧУК,

аспірант,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Раїса ЗАХАРЧЕНКО,

к.т.н., доцент,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

SMALL DATA В УМОВАХ СОЦМЕРЕЖЕВОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА ТІНЬОВИХ ОБМЕЖЕНЬ

Постановка задачі

Соцмережі виступають одним із способів отримання, донесення і циркуляції даних загалом, деколи єдиним. Інформація у соцмережах поширюється швидко, є зручною для сприйняття і часто стає вірусною, однак може бути спотвореною, містити невизначеності або ж бути «заглушеною», зокрема спричинені роботою алгоритмів, модерацією, тіньовим блокуванням користувачів.

Мета дослідження

Метою дослідження є обґрунтування та практичне дослідження використання Small Data, в умовах соцмережевої невизначеності та тіньових обмежень, а також визначення їх впливу на якість прийняття рішень.

Результати дослідження

Соцмережі є зручним інструментом для поширення інформації між людьми. Наприклад, про життя середньостатистичного міста велика кількість



його жителів дізнається з соціальних мереж, а деколи і не існує сторонніх джерел. ЗМІ на сьогодні теж роблять значний акцент на мережі та активно публікуються у них, зокрема у youtube, instagram, facebook, telegram, tiktok, viber та інші. Часто інформація циркулює лавиноподібно і одні копіюють її у інших, за рахунок чого досягається швидкість поширення інформації для різних категорій населення та учасників різних груп. Але часто соцмережі можуть використовуватися і для поширення дезінформації, а дезінформація — це джерело до неправильних рішень, і якщо соціальні мережі володіють високою швидкістю поширення інформації, то дезінформація поширюється навіть у 6 разів швидше, ніж точні дані [1, 5].

Однак навіть велика кількість даних не гарантує повне представлення реальної картини. Ефект ехокамери (echo chamber) та інформаційної бульбашки можливий і передбачає підтвердження наявних переконань, навіть якщо на практиці є випадки, які цьому суперечать. В соцмережах цей ефект проявляється за рахунок алгоритмів, які схильні пропонувати людині перш за все те, що їй сподобалося раніше або зацікавило. Це може бути прихильність до політичної партії або певного бренду чи переконання [1]. Невизначеність полягає в тому, що будь-яка навіть безрозмірна підтримка якоїсь ідеї, явища, бренду чи партії не гарантує відсутність протилежних чи інших даних, навіть якщо вони не представлені в мережі, а отже невідомо чи можливі остаточні висновки на базі таких.

Іншою, але пов'язаною проблемою є астротурфінг — штучна підтримка певної ідеї масовістю, наприклад за допомогою проплачених акаунтів. І хоча звичайні коментарі, відео або інші мережеві сутності, які висловлюють відмінну думку від астротурферів, фізично не блокуються і є формально видимими для інших, астротурфінг фактично придавлює їх своєю масою, наприклад, мільйон однотипних відео, дописів або коментарів на кожні 5 звичайних коментарів, що ускладнює коректність роботи алгоритмів соцмереж в формуванні персоналізованої стрічки та найбільш актуальних коментарів (для деяких соцмереж доступний такий фільтр під дописами та відео). Такі люди можуть не бути ботами технічно, однак створюють ефект всезагальної підтримки (або ж навпаки всезагального протесту), навіть коли такої однозначної картини не проглядається. Коментують різні дописи вони зазвичай першими. Їх не так легко заблокувати з точки зору платформи як фейкові новини [2]. Однак і використання таких даних означало б занадто великі обсяги накопичення даних і невідповідність реальній ситуації або ж її однобічне представлення водночас.

Задля уникнення зайвої токсичності, агресії, спаму, зокрема надмірного впливу ботів, в соцмережах було винайдене поняття бану, тобто блокування, яке може бути алгоритмічним або ж на рівні користувача відносно іншого



користувача. Більш просунутим варіантом блокування є приховане блокування, тіньове (shadow ban). Тіньові блокування дозволяють це зробити більш витончено, без повідомлення користувача, що замість боротьби з блокуванням змушує його просто дописувати у пустоту [3]. Однак для small data це може бути обмеженням, оскільки це може вилитися в цифрове заглушення та цифрову асиметрію влади. Циркуляція важливих малих даних мережею тоді порушується як на вхід, так і на вихід, адже дописувачі хоч і можуть здійснювати якісь дописи, але самі того не знаючи, не можуть досягнути ними нікого, а з іншого боку, при отриманні даних з мережі будь-якими способами, зокрема з API або ж навіть шляхом скрапінгу, що дає додаткову надійність, коли постачальники даних API навмисно спотворюють інформацію або API взагалі не пропонується, дослідники не зможуть витягувати такі дані, оскільки вони невидимі [4]. І якщо тіньові обмеження часто спричинені роботами алгоритмів, то нерідко це може бути і на рівні двох користувачів між собою або між користувачем і компанією, причому важливим частинним випадком є коли один з них менш популярний або має менше влади, а інший є значно популярнішим або має більше влади [5]. Це може бути міський політик, який блокує користувачів, які незгодні з ним або продукують певну критику, навіть конструктивну, з метою показання ідеальної картинки про себе та піару, в результаті чого створюються неправдиві враження про життя міста та діяльність посадових осіб в цілому, а голоси активістів заглушуються і не можуть бути почутими. Або ж тютюнові корпорації, які будучи галуззю, що підлягає регулюванню, часто вдаються до різних хитрощів і навіть псевдонауки. Незалежно від об'єкту походження тіньових обмежень, спільним є створення невизначеності — підтримка або компрометація явища чи людини дійсно настільки велика чи це просто результат заглушення, дані не досягають цілі через те, що нікому не цікаві чи є дією приглушення з чийого боку, наприклад, влади, забудовників тощо.

Висновки та перспективи

В дослідженні розглянуто циркуляцію інформації в соцмережах як інструмент для прийняття рішень та можливості впливу на них. Перспективою використання таких даних є можливість отримати швидкий доступ до великої кількості відкритої безкоштовної інформації. Однак викликами є астротурфінг, тіньове блокування, цифрова асиметрія влади тощо. Перспективами ж є можливість врахування лише більш правдоподібних та різноманітних даних, і якісне прийняття рішень на їх основі.



ЛІТЕРАТУРА

1. Information Pandemic: a critical review of disinformation spread on social media and its implications for state resilience. Dwi Surjatmodjo, Andi Alimuddin Unde, Hafied Cangara, Alem Febri Sonni. URL: <https://www.mdpi.com/2076-0760/13/8/418> (дата звернення: 31.03.2026).
 2. Profiling astroturfers on facebook: a complete framework for labeling, feature extraction and classification. Jonathan Schler, Elisheva Bonchek-Dokow. URL: <https://www.mdpi.com/2504-4990/6/4/108> (дата звернення: 2.04.2026).
 3. The shadow banning controversy: perceived governance and algorithmic folklore. Laura Savolainen. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/01634437221077174> (дата звернення: 4.04.2026).
 4. Revealing the secret power: how algorithms can influence content visibility on social media. Mauro Conti, Emiliano De Cristofaro, Alessandro Galeazzi, Pujan Paudel, Gianluca Stringhini. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.17390v1> (дата звернення: 08.04.2026).
 5. Do online social networks affect information assymetry? Mihai Mutascu, Alexandre Sokic. URL: https://www.iiakm.org/ojakm/articles/2023/volume11_2/OJAKM_Volume11_2pp1-24.pdf (дата звернення: 10.04.2026).
-

УДК 378:004:005.336.2

Олексій ЛИСТОПАД

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри дошкільної педагогіки,

Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса

Наталія ЛИСТОПАД

*кандидат педагогічних наук, викладач дошкільних дисциплін,
Комунальний заклад «Одеський педагогічний фаховий коледж», м. Одеса*

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЦИФРОВОЇ ЕКОСИСТЕМИ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ В КОНТЕКСТІ ВЗАЄМОДІЇ НАУКИ ТА БІЗНЕСУ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер життєдіяльності, що зумовлює необхідність трансформації освітніх систем, зокрема закладів вищої та фахової передвищої освіти педагогічного профілю [3, с. 24]. Особливої актуальності набуває формування та розвиток цифрової екосистеми закладу освіти як інтегрованого середовища, що забезпечує ефективну взаємодію між освітнім процесом,



науковою діяльністю та бізнесом [1, с. 30]. Взаємодія науки і бізнесу виступає важливим чинником інноваційного розвитку освіти, оскільки сприяє впровадженню сучасних технологій, адаптації змісту освіти до потреб ринку праці та підвищенню конкурентоспроможності випускників педагогічних спеціальностей [1, с. 39].

Цифрова екосистема закладу освіти розглядається як цілісна сукупність цифрових платформ, сервісів, ресурсів та інструментів, що забезпечують організацію освітнього процесу, наукової діяльності та управління закладом освіти [2, с. 259]. У педагогічних закладах освіти така екосистема має враховувати специфіку підготовки майбутніх педагогів, зокрема необхідність формування цифрової компетентності, педагогічної майстерності та здатності до інноваційної діяльності [5, с. 320]. Ключовими компонентами цифрової екосистеми є: освітні платформи (LMS, системи дистанційного навчання); цифрові інструменти комунікації; аналітичні системи моніторингу освітніх результатів; електронні ресурси та бази даних; цифрові сервіси управління.

Інтеграція науки та бізнесу в цифровій екосистемі закладу освіти передбачає створення партнерських моделей співпраці, спрямованих на: спільну розробку освітніх програм; впровадження інноваційних освітніх технологій; організацію практичної підготовки здобувачів освіти; розвиток стартап-ініціатив. Для педагогічних закладів освіти важливим є залучення ІТ-компаній, освітніх платформ, EdTech-стартапів до створення сучасного освітнього контенту та цифрових інструментів навчання. Така співпраця сприяє оновленню змісту педагогічної освіти відповідно до вимог цифрового суспільства [1, с. 83].

Трансформація цифрової екосистеми закладу освіти педагогічного профілю має комплексний і системний характер, охоплюючи всі рівні організації освітнього процесу, наукової діяльності та управління [4, с. 28]. Цифровізація постає не як окремий інструмент, а як інтегративна основа розвитку сучасного освітнього середовища, що забезпечує його гнучкість, відкритість та інноваційність. Передусім це проявляється у цифровізації освітнього процесу, яка передбачає широке впровадження змішаного та дистанційного навчання, активне використання інтерактивних платформ, електронних ресурсів і сервісів [3, с. 24]. Зокрема, у практиці педагогічних закладів освіти дедалі частіше застосовуються такі платформи, як Moodle або Google Classroom, що дозволяють організовувати освітню діяльність у синхронному й асинхронному режимах, а також забезпечують доступ до навчальних матеріалів, тестування та зворотного зв'язку. Використання сервісів відеозв'язку, зокрема Zoom чи Microsoft Teams, сприяє розширенню можливостей комунікації та співпраці між учасниками освітнього процесу, а



також формує у майбутніх педагогів навички роботи в цифровому освітньому середовищі.

Застосування адаптивних платформ дозволяє індивідуалізувати освітній процес, підлаштовуючи зміст і темп засвоєння матеріалу до потреб кожного здобувача освіти [3, с. 24]. Водночас аналітика освітніх даних забезпечує можливість моніторингу освітніх досягнень і прогнозування результатів, що є важливим для підвищення якості підготовки фахівців. У педагогічній практиці це може реалізовуватися через використання чат-ботів для оперативного консультування студентів, автоматизованих систем оцінювання або цифрових інструментів для створення навчального контенту, що оптимізує діяльність викладача та сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу [6, с. 209].

У свою чергу, такі зміни зумовлюють необхідність розвитку цифрових компетентностей майбутніх педагогів, які стають невід'ємною складовою їхньої професійної підготовки [3, с. 24]. Йдеться не лише про оволодіння технічними навичками, а й про формування медіаграмотності, критичного мислення, здатності до безпечної та відповідальної взаємодії в цифровому середовищі [5, с. 320]. Важливого значення набуває впровадження освітніх курсів із цифрової педагогіки, медіаосвіти, інформаційної культури, а також виконання практичних завдань, пов'язаних зі створенням власного цифрового освітнього контенту – інтерактивних презентацій, відеоматеріалів, онлайн-завдань

Розвиток цифрової екосистеми пов'язаний із впровадженням інноваційних технологій, які забезпечують нову якість освітнього досвіду [4, с. 39]. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності створює можливості для моделювання педагогічних ситуацій, проведення віртуальних занять та експериментів, що є особливо цінним у процесі практичної підготовки майбутніх педагогів. Хмарні технології, такі як Google Workspace або Microsoft 365, забезпечують організацію спільної діяльності, збереження та обробку даних, а також підтримку командної роботи. Водночас мобільні додатки розширюють доступ до освітніх ресурсів і сприяють реалізації концепції навчання впродовж життя.

Важливим аспектом трансформації є розвиток цифрового управління закладом освіти, що передбачає автоматизацію адміністративних процесів та впровадження сучасних інформаційно-аналітичних систем [1, с. 56]. Електронний документообіг, цифрові системи управління освітнім процесом, електронні журнали та бази даних забезпечують оперативність і прозорість управлінських рішень. Наприклад, використання аналітичних платформ дає змогу адміністрації закладу освіти відстежувати динаміку освітніх досягнень студентів, аналізувати ефективність освітніх програм та оптимізувати розподіл



ресурсів, що у свою чергу, сприяє підвищенню якості освітніх послуг і забезпечує ефективну взаємодію між усіма учасниками освітнього процесу [4].

Незважаючи на значний потенціал цифрової трансформації, існує низка викликів: недостатній рівень цифрової інфраструктури; обмежене фінансування; недостатня цифрова компетентність педагогічних працівників; опір змінам; проблеми кібербезпеки та захисту даних. Особливо актуальними означені виклики є для закладів фахової передвищої освіти, які часто мають обмежені ресурси для впровадження інновацій. Подальший розвиток цифрової екосистеми закладів освіти педагогічного профілю пов'язаний із: розширенням партнерства з бізнесом; розвитком EdTech-індустрії; впровадженням відкритих освітніх ресурсів; інтеграцією міжнародного досвіду; підвищенням цифрової культури учасників освітнього процесу.

Відтак, можна впевнено стверджувати, що трансформація цифрової екосистеми закладу освіти є необхідною умовою забезпечення якості сучасної педагогічної освіти. Взаємодія науки і бізнесу виступає ключовим чинником означеного процесу, оскільки сприяє впровадженню інновацій, розвитку цифрових компетентностей та підвищенню конкурентоспроможності випускників. Ефективна цифрова екосистема забезпечує інтеграцію освітнього процесу, наукової діяльності та практичної підготовки, створюючи умови для формування сучасного педагога, здатного до професійної діяльності в цифровому середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вища освіта України в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення: виклики і відповіді: науково-аналітична доповідь / В. Г. Кремень, В. І. Луговий, П. Ю. Саух, І. І. Драч, О. М. Слюсаренко, Ю. А. Скиба, О. В. Жабенко, С. А. Калашнікова, Ж. В. Таланова, О. М. Петроє, О. Ю. Оржель, І. Ю. Регейло, М. В. Набок; за заг. ред. В. Г. Кременя. Київ: Педагогічна думка, 2023. 172 с. DOI: <https://doi.org/10.37472/NAES-IHED-2023>

2. Листопад О. А., Мардарова І. К., Листопад Н. Л. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та їх інтеграція в освітню практику: історичний контекст і сучасні тенденції. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Педагогічні науки*. 2025. Вип. 2. № 58. С. 259–272. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2025-2-58-259-272>

3. Листопад О. А., Мардарова І. К., Листопад Н. Л. Особливості застосування мультимедійних технологій в процесі формування цифрової культури здобувачів вищої і фахової передвищої освіти. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка*.



Педагогічні науки. 2024. Вип. 4(56). С. 24–33. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2024-3-56-24-33>

4. Механізми оцінювання якості вищої освіти в умовах євроінтеграції: монографія / Авт.: О. Воробйова, М. Дебич, В. Луговий, О. Оржель, О. Слюсаренко, Ж. Таланова, К. Трима; за ред. В. Лугового, Ж. Таланової. Київ: Ін-т вищої освіти НАПН України, 2020. 220 с.

5. Lystopad O, Mardarova I., Kniazheva I, Kudriavtseva O. Formation of the Operational Skills of Using Information and Communication Technologies in the Professional Activity of a Future Pedagogue. *Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on CALL* Number 9. July 2023 P. 320–339. DOI: <https://dx.doi.org/10.24093/awej/call9.22>

6. Lystopad O., Mardarova I., Lystopad N., Hudanych N. Innovative Activity as a Factor in the Professional Development of Preservice Teachers. *Modern vectors of science and education development in China and Ukraine: International annual journal*. Odesa: South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky, Harbin: Harbin Engineering University, 2025. Issue 11. P. 209–222. DOI: [10.24195/2414-4746-2025-11-19](https://doi.org/10.24195/2414-4746-2025-11-19)

УДК 004.42; 004:67

Олег МАКАРЕНКО,

*студент гр. БІП2-22, факультет інженерії та
інформаційних технологій,*

Київський національний університет технологій та дизайну

Тетяна ДЕМКІВСЬКА,

*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій,*

Київський національний університет технологій та дизайну

ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ ВИБОРУ ВЗУТТЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРАКТИВНОЇ 3D-ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

У сучасному динамічному світі зовнішній вигляд відіграє важливу роль у процесі невербальної комунікації в суспільстві. Особливе значення має правильний підбір взуття, який впливає на загальне сприйняття образу, комфорт та зручність у повсякденному житті. На сьогодні існує значна кількість вимог до вибору взуття, що залежать від стилю, контексту події, культурних особливостей або умов використання. Тому відповідність обраного взуття встановленим параметрам є важливою частиною успішної соціалізації та формування позитивного враження [1].



В умовах швидкого розвитку моди та інформаційних технологій користувачу стає складно самостійно здійснювати правильний підбір взуття. Більшість сучасних рішень представлені у вигляді інтернет-магазинів, основний функціонал яких зосереджений на продажу товару та відображенні релевантних запитів користувачів, персоналізованої реклами та рекомендацій. При цьому відсутні інструменти для оцінки посадки взуття та його зовнішнього вигляду на нозі [2]. Крім цього, на ринку представлені різноманітні вузькопрофільні веб-додатки та сервіси для перегляду 3D-моделей взуття, однак вони часто перевантажені функціями та налаштуваннями, що підвищує поріг входження для користувачів, або орієнтовані переважно на продаж без надання додаткової інформації щодо правильного вибору розміру та посадки [3].

Таким чином, розробка веб-застосунку для персоналізованого підбору взуття з використанням технологій 3D є актуальною. Це дозволяє користувачам оцінювати зовнішній вигляд та посадку взуття без необхідності фізичної примірки, отримувати рекомендації щодо оптимального розміру та зручно знаходити потрібні моделі через пошук і фільтри.

Головними перевагами розробленого веб-застосунку «PidborShoes» є можливість перегляду 3D-моделі обраного взуття з інтерактивним керуванням (обертання, масштабування, зміна кольору), а також логічна перевірка правильності підбору розміру. Система надає рекомендації щодо оптимального розміру на основі введених параметрів користувача та відображає інформацію про комфорт посадки. Додатково передбачено фільтрацію взуття за параметрами, додавання моделей у список обраного (wishlist) та оцінювання моделей шляхом простого рейтингу. Реалізовано виконання CRUD-операцій для взаємодії з базою даних у відповідній адміністративній панелі, що дозволяє адміністратору додавати, редагувати та видаляти моделі взуття. Також користувачу надається можливість змінювати кольорову тему веб-застосунку, налаштовувати шрифт та перемикати мову інтерфейсу.

На рис.1 представлена UML-діаграма прецедентів (Use Case Diagram) для розробленого веб-застосунку «PidborShoes». Діаграма відображає основні сценарії використання системи та ролі, що беруть участь у процесі. У системі передбачено два актори: користувач і адміністратор. Користувач використовує функціонал для перегляду та підбору взуття, оцінювання його зовнішнього вигляду та комфортності, а адміністратор забезпечує підтримку даних та їх актуальність.

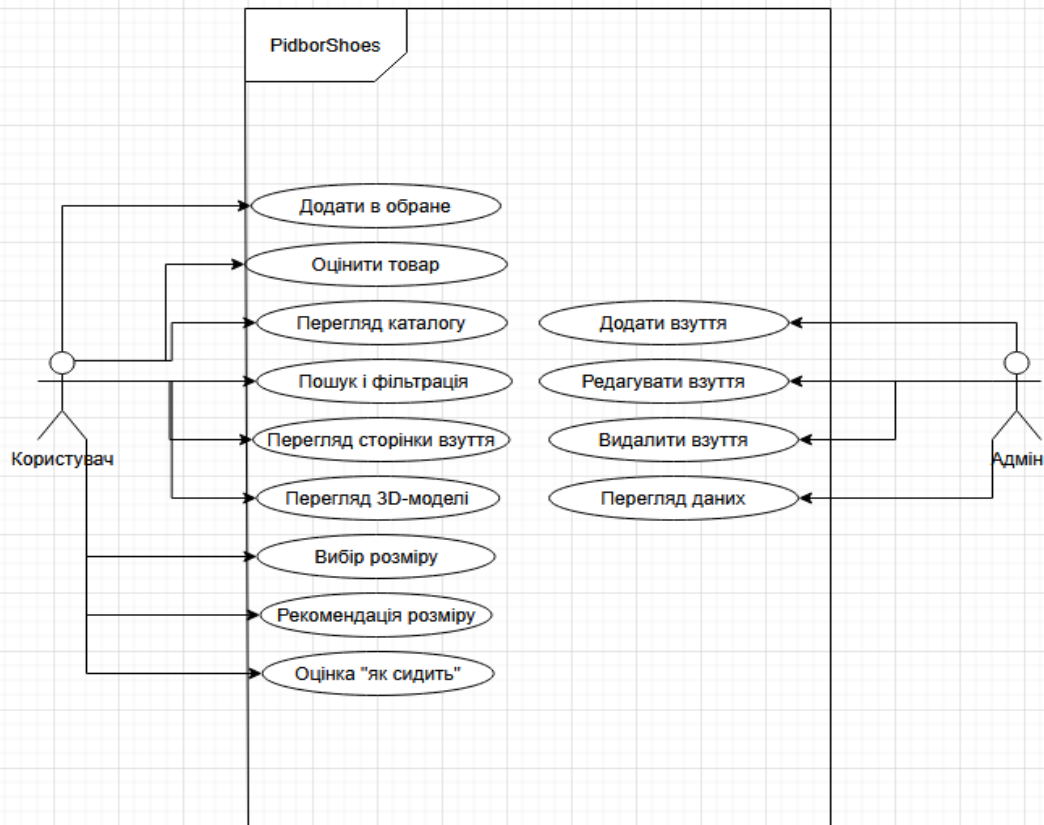


Рис.1. UML-діаграма прецедентів

Для розробки веб-застосунку було використано сучасні веб-технології та інструменти. Серверна частина реалізована на платформі ASP.NET Core із застосуванням мови програмування C# для реалізації бізнес-логіки та обробки запитів. Клієнтська частина виконана на основі HTML, CSS та JavaScript із використанням бібліотеки Three.js для інтерактивного відображення 3D-моделей взуття. Для зберігання даних застосовано реляційну базу даних, а Figma використано для створення UI/UX-макетів. Середовище Visual Studio 2022 забезпечує зручну розробку та налагодження веб-застосунку.

Розроблено веб-застосунок, який демонструє ефективність інтерактивного підбору взуття з використанням сучасних технологій 3D. Запропоноване рішення дозволяє не лише оцінити зовнішній вигляд та комфорт обраної моделі, а й скоротити час на прийняття рішення при покупці. У перспективі систему можна розширити, додавши інтеграцію з мобільними



пристроями, адаптивну рекомендацію на основі аналітики попередніх виборів користувача або більш детальну 3D-візуалізацію різних форм стопи для підвищення точності підбору. Таке удосконалення дозволить зробити сервіс більш персоналізованим та корисним для широкого кола користувачів, а також відкриє можливості для комерційного застосування у сфері онлайн-продажу взуття.

Розроблений веб-застосунок є готовим рішенням для широкого кола користувачів, що дозволяє ефективно здійснювати підбір взуття, зменшувати час на прийняття рішення та уникати помилок при виборі моделей. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та підтримка мультимовності забезпечують доступність для користувачів різного рівня технічної підготовки. Завдяки можливості зміни теми, масштабування інтерфейсу та вибору мови користувач отримує персоналізоване та комфортне середовище для підбору взуття.

ЛІТЕРАТУРА

1. Howlett N., Pine K., Oosterhof I., Fletcher B. The influence of clothing on first impressions: Rapid and positive responses to minor changes in male attire. *Journal of Fashion Marketing and Management*. 2013. Vol. 17, no. 1. P. 38-48. URL: <https://doi.org/10.1108/13612021311305128> (date of access: 21.03.2026).
2. Barnard M. (Ed.). *Fashion Theory: A Reader*. London : Routledge, 2020. 658 p. URL: <https://www.scribd.com/document/732012163/Fashion-Theory-A-Reader-by-Malcolm-Barnard-z-lib-org> (date of access: 21.03.2026).
3. Остапенко Н. В., Струмінська Т.В., Колосніченко М. В. Розвиток fashion-індустрії та сучасні завдання у підготовці фахівців галузі. *Індустрія моди*. 2023. №3. С. 53-63. URL: <https://www.researchgate.net/publication/379625414> (date of access: 21.03.2026).
4. MVC, MVP, and MVVM: Simple in Appearance, Powerful in Practice – Leapcell – URL: <https://leapcell.medium.com/mvc-mvp-and-mvvm-simple-in-appearance-powerful-in-practice-2bfc39494d91> (date of access: 23.03.2026).

УДК 004.42; 004:67

*Данило МАКСИМЕНКО,
студент гр. БІП2-22, факультет інженерії та
інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*



Тетяна ДЕМКІВСЬКА,

кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій, Київський національний університет технологій та дизайну

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПРОДУКТИВНОСТІ ІТ-ФАХІВЦІВ

Сучасний етап розвитку індустрії інформаційних технологій характеризується стрімким переходом до гібридних та повністю віддалених форматів роботи. У таких умовах класичні методи управління персоналом втрачають свою ефективність, оскільки суб'єктивна оцінка залученості фахівців керівникам проєктів стає неможливою або суттєво викривленою. На перший план виходить необхідність впровадження data-driven підходів (управління на основі даних), де ефективність роботи кожного члена команди вимірюється об'єктивними метриками: часом виконання завдань, співвідношення запланованих та витрачених ресурсів, а також динамікою зміни статусів робочих процесів [1].

Головною проблемою сучасного проєктного менеджменту є те, що більшість існуючих систем управління сфокусовані виключно на фіксації поточного стану завдань, залишаючи поза увагою глибинну аналітику процесу їх виконання. Відтак, актуальним завданням є розроблення комплексних програмних рішень, архітектура яких з самого початку спроектована не лише для колаборації, але й для безперервного, глибокого моніторингу продуктивності ІТ-фахівців.

Огляд популярних на ринку систем управління проєктами, таких як Jira, Trello та Asana, демонструє їхню високу ефективність у контексті візуалізації робочих процесів (зокрема, завдяки методологіям Kanban та Scrum). Проте, їхнім суттєвим недоліком є відсутність вбудованих інструментів для глибокої аналітики залученості. Для отримання розширених метрик продуктивності команди (наприклад, Cycle Time або Lead Time) та виявлення вузьких місць [2], ці платформи вимагають інтеграції сторонніх плагінів або підключення важких зовнішніх BI-систем (Business Intelligence), що суттєво ускладнює інфраструктуру.

Виходячи з цього, метою даної роботи є проєктування архітектурної моделі та розробка мінімального життєздатного продукту (MVP) інформаційної системи, яка на базовому рівні поєднає зручний набір інструментів для управління завданнями, а на архітектурному – забезпечить надійний фундамент для автоматизованого збору первинних даних та подальшого розрахунку метрик продуктивності фахівців.



Для досягнення поставленої мети було розроблено комплексну архітектурну модель, яка базується на принципах масштабованості, ізоляції даних та готовності до високих обчислювальних навантажень. Основою платформи є клієнт-серверна архітектура з чітким розділенням відповідальності [3]. Серверна частина взаємодіє з клієнтськими додатками через захищений RESTful API. Для забезпечення безпеки та оптимізації ресурсів обрано stateless-підхід (без збереження стану на сервері) з використанням стандарту JSON Web Token (JWT). Таке архітектурне рішення є критично важливим для систем моніторингу: відмова від зберігання сесій у пам'яті сервера вивільняє значний обсяг обчислювальних потужностей, які в подальшому будуть перенаправленні на обробку аналітичних запитів та вивід статистичних даних.

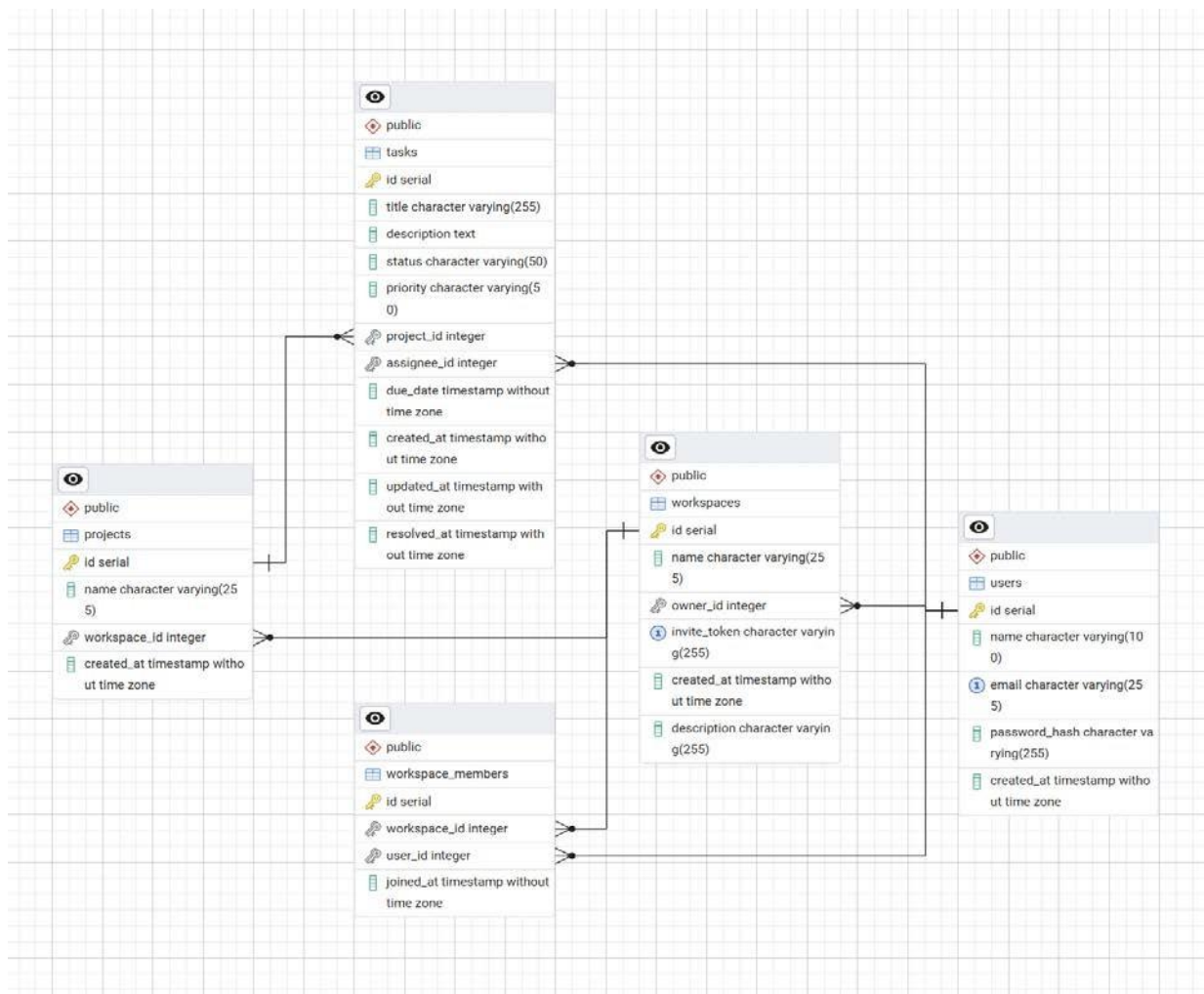


Рис. 1 – Модель «Сутність-Зв'язок»

Ядром аналітичної платформи є реляційна база даних, спроектована з урахуванням необхідності фіксації історії активності. Ієрархія даних



побудована за моделлю: Користувач – Робочий простір (Workspace) – Проєкт (Project) – Завдання (Task). Для забезпечення моніторингу до схеми сутностей інтегровано розширені маркери активності:

- ідентифікатори виконавців (assigneeId) для жорсткої прив'язки результатів роботи до конкретного фахівця;
- деталізовані часові мітки (created_at, updated_at, resolved_at) для точного вимірювання часу, витраченого на перехід завдання між колонками Канбан-дошки;
- архітектура передбачає впровадження додаткових таблиць логування (audit logs), які фіксуватимуть кожен крок користувача в системі, забезпечуючи сирі дані для побудови графіків продуктивності.

Для розрахунку метрик продуктивності архітектура передбачає створення окремого аналітичного модуля на рівні серверного API. Замість того, щоб перевантажувати систему обчисленнями, система проєктується з урахуванням розділення відповідальності між базовими CRUD-операціями та складними вибірками [4]. Розрахунки ключових показників (KPI) відбуватимуться на боці сервера за допомогою оптимізованих агрегаційних запитів до бази даних. Ці статистичні дані передаватимуться на клієнтську частину лише за запитом. Такий підхід дозволяє уникнути зайвого навантаження на систему під час повсякденної роботи з картками завдань і забезпечує високу швидкість відгуку інтерфейсу.

На основі спроектованої архітектури було розроблено програмний прототип (MVP). Вибір технологічного стека обумовлений вимогами до високої продуктивності та надійності: середовище виконання Node.js для бекенду, бібліотека React для побудови інтерактивного клієнтського інтерфейсу та реляційна СУБД PostgreSQL у зв'язці з інструментом Drizzle ORM, що гарантує безпеку типів бази даних.

На етапі MVP успішно реалізовано повноцінний цикл управління робочими просторами, механізм спільного доступу за допомогою криптографічних посилань-запрошень та інтерактивну Канбан-дошку. Саме ці модулі наразі слугують основним генератором первинних даних: кожне переміщення картки завдання, зміна пріоритету чи дедлайну автоматично фіксується у базі даних, формуючи цифровий слід залученості фахівця.

У результаті проведеного дослідження та практичної розробки було створено надійну архітектурну інфраструктуру інформаційної системи. Спроектована реляційна модель даних та впроваджений API успішно вирішують проблему централізованого управління командною роботою.

Закладена архітектурна база, зокрема підготовка моделей даних до фіксації змін та збереження історії активності, повністю відповідає актуальним викликам цифровізації бізнес-процесів. Розроблений MVP створює необхідні



передумови для подальшого розгортання комплексного аналітичного модуля, що дозволить автоматизувати розрахунок ключових метрик продуктивності та надати менеджерам об'єктивний набір інструментів для моніторингу ефективності ІТ-команд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Forsgren N., Storey M. A., Maddox C., et al. The SPACE of Developer Productivity: There's more to it than you think. ACM Queue. 2021. Vol. 19, No. 1. P. 20–39. URL: <https://queue.acm.org/detail.cfm?id=3454124> (date of access: 04.04.2026).
2. Power K. Metrics for Understanding Flow (Cycle Time and Lead Time). Agile Alliance Experience Reports. 2014. URL: https://www.agilealliance.org/wp-content/uploads/2015/12/ExperienceReport.2014.Power_.pdf (date of access: 04.04.2026).
3. Fielding R. T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Ph.D. dissertation, University of California, Irvine. 2000. 162 p. URL: https://roy.gbiv.com/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf (date of access: 05.04.2026).
4. Fowler M. CQRS (Command Query Responsibility Segregation). MartinFowler.com. 2011. URL: <https://martinfowler.com/bliki/CQRS.html> (date of access: 05.04.2026).

УДК 378:004:005.5

Ірина МАРДАРОВА

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри дошкільної педагогіки,
Державний заклад «Південноукраїнський національний
педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса

Наталія ГУДАНИЧ

доктор філософії, старший викладач кафедри дошкільної педагогіки,
Державний заклад «Південноукраїнський національний
педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», м. Одеса

ЦИФРОВІЗАЦІЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ: ІНСТРУМЕНТИ, СЕРВІСИ ТА ВЗАЄМОДІЯ НАУКИ І БІЗНЕСУ

Сучасний етап розвитку освіти характеризується активною цифровою трансформацією, що охоплює всі сфери діяльності закладів вищої освіти,



зокрема управлінські процеси [7, с. 89]. Особливої актуальності набуває цифровізація в закладах вищої педагогічної освіти, які здійснюють підготовку майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти, адже саме вони формують базові компетентності педагогів нового покоління. Традиційні підходи до управління освітнім процесом часто не відповідають сучасним вимогам щодо гнучкості, прозорості та ефективності, що зумовлює необхідність впровадження цифрових інструментів і сервісів, які забезпечують автоматизацію управлінських процесів, оптимізацію документообігу, покращення комунікації між учасниками освітнього процесу [6, с. 164].

У практиці закладів вищої освіти використовуються різноманітні цифрові рішення, серед яких: системи управління навчанням (LMS) які забезпечують організацію дистанційного та змішаного навчання, контроль успішності студентів, доступ до навчальних матеріалів; електронний документообіг – сприяє автоматизації управлінської діяльності, зменшенню паперового навантаження, підвищенню прозорості процесів; хмарні сервіси які дозволяють організувати спільну роботу викладачів і студентів, зберігання та обмін інформацією; аналітичні системи (Data-driven management), дають змогу приймати управлінські рішення на основі даних, аналізувати ефективність освітніх програм; комунікаційні платформи – забезпечують оперативну взаємодію між адміністрацією, викладачами, студентами та стейкхолдерами [1, с. 75]. Використання таких інструментів у підготовці майбутніх вихователів сприяє формуванню їхньої цифрової компетентності та готовності до роботи в умовах сучасного дошкільного закладу.

Цифровізація управлінських процесів у закладах освіти передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення ефективності управління, прийняття рішень, організації освітнього процесу та взаємодії між його учасниками [1, с. 75]. У закладах вищої педагогічної освіти цифровізація охоплює: управління освітніми програмами; організацію освітнього процесу; кадровий менеджмент; моніторинг якості освіти; внутрішню та зовнішню комунікацію. Зокрема, управління освітнім процесом здійснюється за допомогою систем управління навчанням, таких як Moodle, Google Classroom, Canvas, які забезпечують планування навчальних дисциплін, контроль успішності студентів та організацію змішаного навчання. Організація внутрішньої комунікації та командної взаємодії реалізується через цифрові платформи, зокрема Microsoft Teams, Zoom, Slack, що дозволяють проводити онлайн-наради, консультації та координацію роботи структурних підрозділів [4].

Автоматизація документообігу та управлінської діяльності забезпечується за допомогою систем електронного документообігу, такої як М.Е.Дос, а також хмарних сервісів, наприклад Google Drive та Microsoft OneDrive, що сприяють



збереженню, обміну та спільному редагуванню документів. Кадровий менеджмент і моніторинг якості освіти дедалі частіше здійснюються із застосуванням аналітичних систем і цифрових панелей (dashboard), а також сервісів для збору зворотного зв'язку, таких як Google Forms, SurveyMonkey, що дозволяють аналізувати освітні результати, оцінювати ефективність викладацької діяльності та приймати обґрунтовані управлінські рішення [4].

Для підготовки майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти особливо важливо інтегрувати цифрові інструменти не лише в освітній процес, але й у систему управління. Зокрема, використання інтерактивних платформ, таких як Padlet, Canva, LearningApps, сприяє формуванню цифрової компетентності студентів та розвитку їх готовності до використання сучасних технологій у професійній діяльності. Цифрове середовище закладу вищої педагогічної освіти виступає не лише інструментом управління, але й моделлю інноваційного освітнього простору, у якому формується професійна компетентність майбутніх вихователів [5, с. 10].

Підготовка майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти має свою специфіку, яка враховує: необхідність розвитку педагогічної творчості; формування комунікативних навичок; орієнтацію на роботу з дітьми дошкільного віку. Цифровізація управлінських процесів у педагогічних закладах освіти дозволяє: забезпечити доступ до сучасних методичних матеріалів; організувати практичну підготовку студентів через цифрові середовища; використовувати інтерактивні платформи для моделювання педагогічних ситуацій. Отже, цифрові інструменти стають не лише засобом управління, але й важливим компонентом професійної підготовки [6, с. 164]

Ефективна цифровізація управлінських процесів неможлива без системної співпраці між науковою спільнотою та бізнес-середовищем. Така взаємодія забезпечує розробку інноваційних цифрових продуктів, впровадження сучасних технологій в освітній процес та адаптацію освітніх програм до актуальних потреб ринку праці. Зокрема, прикладом результативної взаємодії є впровадження у закладах вищої освіти систем управління освітнім процесом, розроблених за участю ІТ-компаній, таких як Instructure (платформа Canvas) або Google (екосистема Google Workspace for Education). У таких випадках бізнес забезпечує технологічну основу, тоді як науково-педагогічні працівники адаптують цифрові інструменти до освітніх потреб і методичних підходів.

Важливим напрямом є також реалізація спільних освітньо-наукових проєктів, зокрема програм академічного партнерства між університетами та ІТ-компаніями, такими як Microsoft (ініціативи Microsoft Learn, Azure for Education), що сприяють розвитку цифрових компетентностей як викладачів, так і студентів. Особливої уваги заслуговує співпраця з українськими цифровими



платформами, зокрема Міністерство цифрової трансформації України та платформою Дія.Освіта, які забезпечують доступ до сучасних цифрових ресурсів і сприяють інтеграції цифрових навичок у підготовку майбутніх педагогів.

Для закладів вищої педагогічної освіти така взаємодія відкриває можливості впровадження сучасних освітніх платформ, участі у грантових і стартап-проектах, а також модернізації освітніх програм відповідно до вимог цифрового суспільства. Зокрема, у підготовці майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти це дозволяє інтегрувати цифрові технології у методику навчання, моделювати професійні ситуації та формувати готовність до використання інновацій у практичній діяльності [3, с. 462]. Отже, синергія науки і бізнесу виступає ключовим чинником підвищення ефективності цифровізації управлінських процесів та якості професійної підготовки педагогічних кадрів.

Цифровізація управлінських процесів у закладах вищої педагогічної освіти є необхідною умовою підвищення якості освітньої діяльності та підготовки конкурентоспроможних фахівців. Використання сучасних цифрових інструментів і сервісів сприяє автоматизації управління, покращенню комунікації та прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Особливого значення набуває інтеграція цифрових технологій у підготовку майбутніх вихователів закладів дошкільної освіти, що забезпечує формування їхньої цифрової компетентності та готовності до професійної діяльності в умовах цифрового суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонюк Д. С., Вакалюк Т. А. Зарубіжний досвід використання цифрових освітніх ресурсів у вищій школі. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітніх школах*. 2021. № 74. Том 2. С. 75–78. DOI: <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.74-2.14>
2. Вербовський І. А. Ефективність цифровізації в управлінні освітніми ресурсами: аналіз та стратегії оптимізації. *Академічні візії*. 2024. № 27. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10471716>
3. Гера Т. Р. Цифровізація управлінських процесів та її вплив на ефективність систем менеджменту. *Наукові інновації та передові технології: журнал*. 2026. № 2(54), С. 462–475. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-2\(54\)-462-475](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-2(54)-462-475)
4. Каневська І., Приступа Л., Говоруха Д. Теоретичні аспекти цифровізації вищої освіти: проблеми і перспективи розвитку. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-58>



5. Листопад О. А., Мардарова І. К. Методика підготовки майбутніх вихователів до управлінського забезпечення професійної діяльності у системі дошкільної освіти. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Педагогічні науки*. 2021, Вип. 3 (47) С. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2021-3-47-10-18>

6. Листопад О., Мардарова І. Підготовка майбутніх вихователів до управлінського забезпечення професійної діяльності закладів дошкільної освіти. *Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету. Педагогічні науки. Ізмаїл: РВВ ІДГУ*, (56), 2021. С. 164–173. DOI: [https://doi.org/10.31909/26168812.2021-\(56\)-19](https://doi.org/10.31909/26168812.2021-(56)-19)

7. Листопад О., Мардарова І. Формування управлінської культури майбутніх педагогів дошкільної освіти. *Ізмаїльського державного гуманітарного університету: збірник наукових праць. Педагогічні науки*. Ізмаїл: РВВ ІДГУ. 2022, (58) С. 89–101. DOI: [https://doi.org/10.31909/26168812.2022-\(58\)-10](https://doi.org/10.31909/26168812.2022-(58)-10)

УДК 004.9

Турал МАХМУДОВ

студент спеціальності Ф6 «Інформаційні системи і технології»

Марина КАРАМУШКА

к.т.н., доцент

кафедри інформатики і комп'ютерних наук

Херсонський національний технічний університет

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ МАЛОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ІНСТРУМЕНТИ ТА ВИКЛИКИ

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну у лютому 2022 року кардинально змінило умови функціонування вітчизняного бізнесу. Малі та середні підприємства (МСП), які формують значну частку зайнятості та ВВП України, опинились у надзвичайно складних умовах: руйнування інфраструктури, вимушена релокація, розрив логістичних ланцюгів, втрата клієнтської бази та значне скорочення купівельної спроможності населення [1]. У цих умовах цифрова трансформація стала не лише конкурентною перевагою, а й необхідною умовою виживання бізнесу.

Метою даної роботи є аналіз основних інструментів цифрової трансформації, які використовуються малим бізнесом України в умовах воєнного стану, та визначення ключових викликів, що супроводжують цей процес.



Цифрова трансформація — це процес інтеграції цифрових технологій у всі сфери діяльності підприємства, що призводить до фундаментальних змін у способах ведення бізнесу та створення цінності для клієнтів [2]. В умовах воєнного стану цей процес набуває особливого значення через необхідність швидкої адаптації до нових реалій.

Згідно з Законом України «Про розвиток та державну підтримку малого і середнього підприємництва в Україні» (2012), МСП є основою економічного розвитку держави [3]. Їхня цифрова трансформація є пріоритетним напрямком державної політики, закріпленим у Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки, положення якої залишаються актуальними й у воєнний період [4].

Серед ключових інструментів цифрової трансформації малого бізнесу в Україні можна виділити наступні:

1. CRM-системи (Customer Relationship Management). Платформи на кшталт HubSpot, Bitrix24, Salesforce дозволяють автоматизувати взаємодію з клієнтами, зберігати історію комунікацій та аналізувати воронку продажів. Впровадження CRM-систем є одним із перших кроків цифрової трансформації, який дозволяє підприємствам зберігати клієнтську базу в умовах релокації.

2. Платформи електронної комерції. Перехід до онлайн-торгівлі через маркетплейси (Rozetka, Prom.ua, Etsy) та власні інтернет-магазини (Shopify, WooCommerce, Horoshop) став основним каналом збуту для бізнесів, які втратили фізичні точки продажу. Глобально обсяг електронної комерції демонструє стабільне зростання: за даними ЮНКТАД, бізнес-продажі через e-commerce зросли майже на 60% з 2016 по 2022 рік, досягнувши 27 трлн доларів США [5].

3. Хмарні технології. Сервіси Google Workspace, Microsoft 365, Amazon Web Services забезпечують можливість віддаленої роботи, зберігання даних та масштабування ІТ-інфраструктури без значних капітальних витрат. Це критично важливо для релокованих підприємств, що працюють у розподіленому форматі.

4. Чат-боти та месенджер-маркетинг. Інтеграція чат-ботів у Telegram, Viber та Instagram Direct автоматизує обробку замовлень, консультування клієнтів та підтримку. Автоматизація рутинних процесів дозволяє скоротити операційні витрати та компенсувати дефіцит кадрів.

5. Цифрові державні сервіси. Платформа «Дія» та пов'язані цифрові послуги спростили реєстрацію бізнесу, отримання дозвільних документів, подання звітності. Програми «Робота» та «Відновлення» надають фінансову підтримку МСП через цифрові канали. За даними Міністерства цифрової трансформації, лише за 2 роки держава заощадила 16,3 млрд грн завдяки цифровим рішенням [6].



Водночас процес цифрової трансформації малого бізнесу в умовах воєнного стану супроводжується низкою суттєвих викликів:

- обмежений доступ до фінансових ресурсів для інвестування у цифрові рішення;
- недостатній рівень цифрової грамотності серед підприємців, особливо у регіонах;
- кіберзагрози та ризики витоку даних в умовах посиленої активності ворожих хакерських груп;
- нестабільність енергопостачання та інтернет-з'єднання, що ускладнює роботу хмарних сервісів;
- масове внутрішнє переміщення населення — за даними МОМ, станом на січень 2026 року в Україні залишається значна кількість внутрішньо переміщених осіб, що впливає на ринок праці та кадрове забезпечення бізнесу [7].

Незважаючи на зазначені виклики, процес цифровізації українського бізнесу демонструє позитивну динаміку. Міжнародні організації, зокрема ОЕСР та Світовий банк, відзначають високий потенціал цифрового сектору України як драйвера економічного відновлення.

Цифрова трансформація малого бізнесу в умовах воєнного стану є об'єктивною необхідністю, зумовленою радикальною зміною бізнес-середовища. Інструменти цифровізації — CRM-системи, платформи електронної комерції, хмарні сервіси, чат-боти та державні цифрові платформи — дозволяють підприємствам адаптуватися до нових умов, зберігати клієнтську базу та оптимізувати операційні процеси.

Подальший розвиток цифрової трансформації потребує комплексного підходу: державної підтримки у вигляді грантових програм, розвитку цифрової грамотності підприємців, зміцнення кібербезпеки та забезпечення стабільної цифрової інфраструктури. Саме синергія зусиль держави, бізнесу та науково-освітньої спільноти здатна забезпечити ефективну цифрову трансформацію, що є ключовим фактором економічного відновлення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Bank. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – February 2023. Washington, DC: World Bank Group, 2023. 152 p. URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099184503212328877> (дата звернення: 05.04.2026).
2. Westerman G., Bonnet D., McAfee A. Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014. 292 p. ISBN 978-1625272478.



3. Про розвиток та державну підтримку малого і середнього підприємництва в Україні: Закон України від 22.03.2012 № 4618-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4618-17> (дата звернення: 05.04.2026).

4. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.01.2018 № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p> (дата звернення: 05.04.2026).

5. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future. New York: United Nations, 2024. URL: <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024> (дата звернення: 05.04.2026).

6. Міністерство цифрової трансформації України. Про нас. Офіційний портал. URL: <https://thedigital.gov.ua/ministry> (дата звернення: 05.04.2026).

7. International Organization for Migration (IOM). Звіт про внутрішнє переміщення населення в Україні: Опитування загального населення, Раунд 22, січень 2026 року. Київ: MOM, 2026. URL: <https://dtm.iom.int/reports/ukraine-zvit-pro-vnutrishne-peremishchennya-naselennya-v-ukraini-opituvannya-zagalnogo> (дата звернення: 05.04.2026).

УДК 004.8:004.056:174

Микола МЕДИНСЬКИЙ,
аспірант,

Херсонський національний технічний університет

АРХІТЕКТУРА ДОВІРИ В ЕПОХУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: КІБЕРБЕЗПЕКА, ЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ТА УПРАВЛІННЯ ДАНИМИ В ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ

У сучасному світі інформаційні технології визначають ключові напрями розвитку економіки та суспільства. Активне впровадження штучного інтелекту, великих даних та хмарних обчислень сприяє формуванню складних цифрових екосистем, які забезпечують функціонування державного управління, бізнесу та соціальних сервісів. У цих умовах довіра до цифрових систем виступає базовою передумовою їх ефективності, безпеки та масштабованості [5].

Метою дослідження є обґрунтування концепції архітектури довіри як інтегрованого підходу до забезпечення надійності цифрових екосистем. Для досягнення мети визначено такі завдання:

- аналіз сучасних кіберзагроз та тенденцій їх розвитку;
- дослідження ролі кібербезпеки у цифрових екосистемах;



- оцінка етичних аспектів використання штучного інтелекту;
- формування підходів до управління даними та ризиками.

Цифрові екосистеми характеризуються високим рівнем інтеграції компонентів, використанням розподілених сервісів та активним застосуванням API. Це значно розширює поверхню атаки та ускладнює процес забезпечення безпеки, що потребує переходу до комплексних моделей захисту [1].

Архітектура довіри розглядається як системна модель, що об'єднує технологічні, організаційні та етичні аспекти. Вона орієнтована на забезпечення прозорості цифрових процесів, підзвітності алгоритмічних рішень та контрольованості обробки даних.

Кібербезпека у межах архітектури довіри базується на проактивних підходах. Сучасні системи використовують поведінкову аналітику, машинне навчання та автоматизовані механізми реагування на інциденти, що дозволяє своєчасно виявляти та нейтралізувати загрози [4].

Одним із ключових підходів є Zero Trust Architecture, яка передбачає постійну перевірку доступу незалежно від розташування користувача. Це дозволяє мінімізувати ризики внутрішніх загроз та підвищити рівень контролю доступу до ресурсів.

Використання моделей машинного навчання для виявлення аномалій дозволяє ідентифікувати нетипову поведінку користувачів та мережевих процесів. Такі підходи підвищують ефективність систем кіберзахисту та дозволяють автоматизувати аналіз загроз.

Інтеграція NIST Cybersecurity Framework забезпечує системність управління безпекою, дозволяючи організаціям формувати комплексну політику захисту інформації та оцінки ризиків.

Розподілені технології, зокрема блокчейн, забезпечують незмінність даних та підвищують довіру до цифрових процесів. Вони активно застосовуються у фінансових системах, електронному документообігу та державному управлінні [3].

Етичні аспекти використання штучного інтелекту передбачають забезпечення прозорості, пояснюваності та недискримінаційності алгоритмів. Важливим є впровадження механізмів аудиту моделей та контролю їх відповідності нормативним вимогам [2].

Управління даними є одним із ключових елементів архітектури довіри та включає такі базові характеристики:

- конфіденційність;
- цілісність;
- доступність інформації.

Забезпечення цих характеристик потребує впровадження комплексних механізмів, включаючи контроль доступу, шифрування, журналювання подій та аудит операцій, що дозволяє мінімізувати ризики витоку інформації [1].



Особливу увагу слід приділити людському фактору, оскільки значна частина інцидентів безпеки пов'язана з помилками користувачів. Це потребує впровадження програм навчання та підвищення рівня кібергігієни.

Використання risk-based підходів дозволяє оцінювати загрози з урахуванням їх ймовірності та потенційних наслідків, що сприяє більш ефективному розподілу ресурсів кібербезпеки.

Сучасні підходи також включають використання AI governance моделей, які дозволяють контролювати життєвий цикл алгоритмів та забезпечувати їх відповідність етичним та правовим вимогам.

Системи SOAR (Security Orchestration, Automation and Response) дозволяють автоматизувати процеси реагування на інциденти та значно скорочують час ліквідації загроз.

Інтеграція архітектури довіри у державні та бізнес-процеси сприяє розвитку цифрової економіки, підвищенню ефективності управління та формуванню довіри до цифрових сервісів.

В умовах відновлення України цифрова інфраструктура відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності економіки та розвитку інновацій.

Висновки. Основними проблемами впровадження архітектури довіри є:

- зростання складності цифрових екосистем;
- недостатня інтеграція безпекових рішень;
- ризики, пов'язані з використанням AI;
- обмеження нормативно-правового регулювання.

Таким чином, архітектура довіри є ключовим напрямом розвитку цифрових систем та забезпечення їх безпеки в умовах сучасних викликів.

Перспективним є розвиток міждержавної співпраці у сфері кібербезпеки, що дозволяє обмінюватися досвідом, впроваджувати кращі практики та підвищувати рівень захищеності глобальних цифрових систем.

Необхідно також враховувати економічний аспект впровадження архітектури довіри, оскільки забезпечення безпеки потребує значних інвестицій. Використання risk-based підходів дозволяє оптимізувати витрати та підвищити ефективність управління ресурсами.

Суттєву роль відіграє стандартизація процесів управління безпекою, яка забезпечує узгодженість дій між різними учасниками цифрових екосистем та підвищує ефективність реагування на інциденти.

Важливим напрямом є інтеграція механізмів кібербезпеки на рівні життєвого циклу програмного забезпечення (DevSecOps), що дозволяє забезпечити безпеку ще на етапі розробки та тестування систем.

Окрему увагу слід приділити питанням масштабованості архітектури довіри, оскільки зростання обсягів даних та кількості користувачів створює



додаткове навантаження на системи безпеки. Це вимагає використання гнучких хмарних рішень та динамічного розподілу ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ISO/IEC 27001:2013 Information security management systems.
2. European Commission. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. 2019.
3. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008.
4. Stallings W. Cryptography and Network Security. Pearson, 2017.
5. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. 2011.

УДК 004.8

Дмитро МІНАЄВ

студент спеціальності Ф6 «Інформаційні системи і технології»

Марина КАРАМУШКА

к.т.н., доцент

кафедри інформатики і комп'ютерних наук

Херсонський національний технічний університет

ПРОГРАМУВАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

В останні роки штучний інтелект (ШІ) набув значного поширення в різних сферах діяльності людини, зокрема у програмуванні та розробці інтелектуальних програмних систем. Одним із перспективних напрямків є створення програмних асистентів, керованих голосом, які здатні взаємодіяти з користувачем природною мовою та виконувати широкий спектр задач на персональному комп'ютері. Розробка таких систем є особливо актуальною в умовах зростання обсягів інформації, необхідності автоматизації рутинних процесів та підвищення ефективності взаємодії людини з комп'ютером[1].

Голосові асистенти є складними програмними системами, що поєднують декілька ключових напрямків штучного інтелекту. Основними з них є:

1. **Розпізнавання мовлення (Speech-to-Text)** – дозволяє перетворювати голосові команди користувача у текстовий формат для подальшої обробки.
2. **Обробка природної мови (NLP)** – забезпечує аналіз отриманого тексту, визначення намірів користувача та формування відповідних дій.
3. **Синтез мовлення (Text-to-Speech)** – використовується для генерації голосових відповідей системи.



4. **Машинне навчання** – дозволяє системі адаптуватися до поведінки користувача та підвищувати точність роботи[2].

Сучасні голосові асистенти можуть виконувати широкий спектр функцій, серед яких відкриття програм, пошук інформації в інтернеті, керування налаштуваннями операційної системи, робота з файлами та автоматизація повсякденних дій користувача. Це значно підвищує продуктивність роботи та зменшує необхідність ручного виконання повторюваних операцій[3].

Важливим аспектом є архітектура програмного асистента. Як правило, такі системи будуються за модульним принципом і включають наступні компоненти: модуль обробки голосу, модуль аналізу команд, модуль виконання дій та модуль зворотного зв'язку з користувачем. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість системи, її масштабованість та можливість подальшого розширення функціоналу. Крім того, модульна архітектура спрощує тестування та супровід програмного забезпечення.

Розробка програмного асистента з елементами штучного інтелекту вимагає використання сучасних мов програмування та спеціалізованих бібліотек. Найбільш поширеними є мови Python та JavaScript, які мають широкую підтримку інструментів для роботи зі штучним інтелектом. Для реалізації функцій розпізнавання та синтезу мовлення застосовуються такі бібліотеки та сервіси, як SpeechRecognition, Google Speech API, pyttsx3. Для обробки природної мови використовуються бібліотеки spaCy, NLTK, а також сучасні моделі на основі нейронних мереж[4].

Окрему увагу слід приділити сценаріям використання голосового асистента. Серед них можна виділити як базові, так і розширені сценарії. До базових належать виконання простих команд, таких як запуск програм, відкриття файлів або пошук інформації. Розширені сценарії включають автоматизацію складних послідовностей дій, інтеграцію з веб-сервісами, управління розумними пристроями та персоналізовану взаємодію з користувачем. Це дозволяє перетворити асистента з простого інструмента у повноцінну інтелектуальну систему підтримки користувача.

Не менш важливим є питання зручності взаємодії (User Experience). Голосовий інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим, швидким та точним. Для цього застосовуються методи оптимізації розпізнавання мовлення, зменшення затримок відповіді та адаптації до індивідуальних особливостей користувача. Використання ШІ дозволяє створювати більш “природний” діалог між людиною та комп'ютером, що значно підвищує ефективність використання системи.

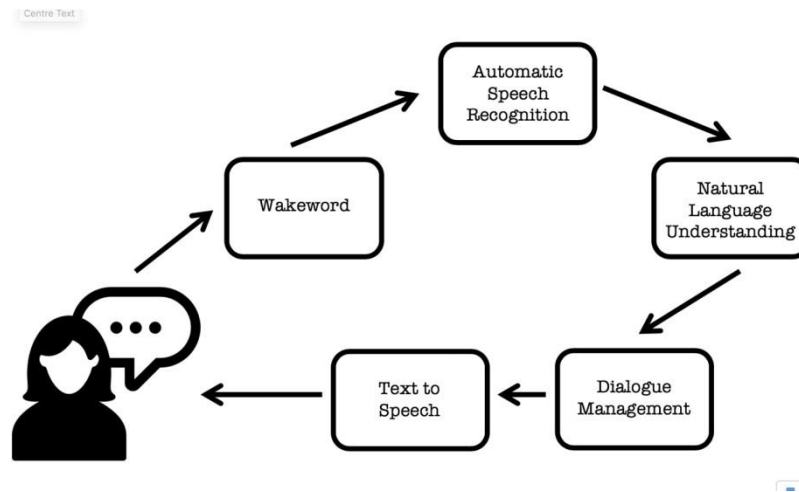


Рис. 1. Схема взаємодії користувача з голосовим асистентом

Важливим аспектом функціонування голосових асистентів є продуктивність та оптимізація. Оскільки обробка голосових даних та виконання команд повинні відбуватися у реальному часі, необхідно забезпечити ефективне використання ресурсів системи. Для цього застосовуються методи оптимізації алгоритмів, кешування результатів, а також використання хмарних обчислень для обробки складних запитів. Це дозволяє досягти високої швидкодії та стабільності роботи системи навіть при значних навантаженнях.

Перед розглядом питань кібербезпеки варто зазначити, що голосові асистенти працюють з великими обсягами персональних даних, включаючи голосові записи, історію запитів та поведінкові патерни користувача. Це створює додаткові вимоги до захисту інформації та надійності системи.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у забезпеченні кібербезпеки голосових асистентів, допомагаючи виявляти, аналізувати та запобігати загрозам у реальному часі. Основними завданнями є:

1. Виявлення аномалій – аналіз поведінки користувача для визначення підозрілих дій.
2. Голосова аутентифікація – ідентифікація користувача за біометричними характеристиками голосу.
3. Захист від підробки голосу (voice spoofing) – використання алгоритмів для виявлення синтезованого або зміненого голосу.
4. Шифрування даних – забезпечення безпечної передачі та зберігання інформації.
5. Прогнозування загроз – використання машинного навчання для виявлення потенційних вразливостей [5].

Розвиток технологій штучного інтелекту відкриває нові перспективи для вдосконалення голосових асистентів. Зокрема, очікується підвищення точності



розпізнавання мовлення, розширення можливостей діалогових систем, інтеграція з різними платформами та сервісами, а також впровадження більш складних моделей глибинного навчання. У майбутньому такі системи можуть стати універсальними інструментами взаємодії з цифровим середовищем.

Таким чином, розробка програмного асистента з елементами штучного інтелекту є актуальним та перспективним напрямком, що поєднує сучасні досягнення у сфері програмування та штучного інтелекту, сприяючи підвищенню рівня автоматизації, продуктивності та зручності використання комп'ютерних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голосовий віртуальний асистент зі штучним інтелектом [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://asac.kpi.ua/article/view/340190> . Дата звернення: 9 березня 2026
2. Сучасні напрями розвитку штучного інтелекту [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://galera.news/suchasni-napriamy-rozvytku-shtuchnoho-intelektu-14750/> . Дата звернення: 11 березня 2026
3. Голосові асистенти та штучний інтелект [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ua.linkedin.com/pulse/voice-assistants-ai-scalebuildai?tl=uk>. Дата звернення: 12 березня 2026
4. Як створити свій власний AI Assistant безкоштовно [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.capcut.com/uk-ua/resource/how-to-make-your-own-ai-assistant>. Дата звернення: 14 березня 2026
5. Що таке ШІ для кібербезпеки? [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://surli.cc/gkqsxn>. Дата звернення: 19 березня 2026

УДК 004.89:004.9:656.13

Юрій МОЛОДОЖОН

аспірант, Національний університет «Одеська політехніка»

Валерій СИТНИКОВ

д. т. н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем, Навчально-науковий інститут штучного інтелекту та робототехніки, Національний університет «Одеська політехніка»



ІНТЕГРОВАНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ ПЛАТФОРМАМИ В СИСТЕМАХ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ НА ОСНОВІ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ ТА ІНФРАСТРУКТУРНИХ ДАНИХ

У сучасних умовах, коли переміщення населення є характерною ознакою соціально-економічних процесів, облік чисельності мешканців набуває важливого значення як для забезпечення якості надання комунальних послуг, так і для формування коректних нарахунків за їх споживання. Водночас у контексті державної політики України, спрямованої на цифровізацію управлінських процесів, особливої актуальності набуває оцифрування та електронний облік даних про чисельність населення, місце проживання та реєстрацію громадян, а також формування та узгодження єдиних державних реєстрів.

Таким чином актуальною є задача підвищення ефективності управління мобільними платформами в умовах міської логістики на основі інтеграції телеметричних та інфраструктурних даних. Своєчасність дослідження обумовлена необхідністю забезпечення надійного оперативного контролю руху мобільних об'єктів та оптимізації параметрів міської інфраструктури в умовах динамічного середовища.

Метою роботи є розробка інтегрованих моделей управління та контролю мобільних платформ, що поєднують сенсорні та телеметричні системи збору даних із параметрами обслуговуваної інфраструктури, зокрема показниками чисельності населення та характеристиками розміщення контейнерів ТПВ.

Використано підходи математичного моделювання, обробки телеметричних даних та оптимізації логістичних процесів. Запропоновано архітектуру системи, що забезпечує збір, передачу та інтеграцію різнорідних даних для формування узгоджених рішень щодо управління мобільними платформами.

Отримані результати демонструють можливість підвищення ефективності функціонування систем збору ТПВ за рахунок узгодження параметрів маршрутів руху з характеристиками інфраструктури та демографічними показниками. Запропонований підхід забезпечує підвищення точності прийняття рішень, зменшення надлишкових ресурсних витрат та покращення якості надання послуг.

Вступ. У сучасних умовах цифрової трансформації міської інфраструктури особливого значення набуває впровадження інформаційних технологій у процеси управління мобільними платформами. Системи збору, транспортування та обробки відходів є складними динамічними системами, ефективність яких залежить від



узгодженості роботи мобільних об'єктів, інфраструктурних елементів та інформаційних потоків [1].

Застосування телеметричних систем дозволяє здійснювати моніторинг стану контейнерів, контроль маршрутів руху спеціалізованого транспорту та аналіз ефективності логістичних процесів. Водночас ізольоване використання телеметричних даних без урахування параметрів міської інфраструктури, зокрема чисельності населення, щільності забудови та розміщення контейнерів, не забезпечує достатнього рівня оптимізації [2].

Таким чином, актуальною є задача створення інтегрованих моделей управління мобільними платформами, що поєднують телеметричні та інфраструктурні дані в єдину систему прийняття рішень.

Метою роботи є розробка інтегрованих моделей управління мобільними платформами на основі поєднання телеметричних та інфраструктурних даних. Задачі: аналіз підходів, визначення ролі телеметрії, оцінка впливу інфраструктурних параметрів (чисельність населення, розміщення контейнерів), розробка моделі інтеграції даних та оцінка її ефективності.

Модель інтегрованого управління.

У запропонованому підході система управління мобільними платформами розглядається як сукупність взаємопов'язаних підсистем:

- підсистеми збору телеметричних даних;
- підсистеми обробки та аналізу інформації;
- підсистеми прийняття рішень;
- підсистеми виконання управлінських дій.

Формалізація процесів управління мобільними платформами може бути представлена із використанням бізнес-процесних моделей (BPMN) та UML-діаграм активностей, що дозволяє описати логіку взаємодії між підсистемами збору даних, обробки інформації та прийняття управлінських рішень. Використання таких моделей забезпечує структурування процесів та можливість подальшої автоматизації систем управління.

Телеметричні дані формують інформацію про:

- стан мобільних платформ;
- маршрути руху;
- часові параметри виконання операцій.

Інфраструктурні дані включають:

- чисельність населення;
- кількість та розміщення контейнерів ТПВ;
- просторові характеристики території.

Інтеграція цих даних дозволяє сформулювати узгоджену модель стану системи:



$$S=f(T,I)$$

де: S - стан системи управління; T - телеметричні дані; I - інфраструктурні параметри.

Особливості застосування в системах ТПВ.

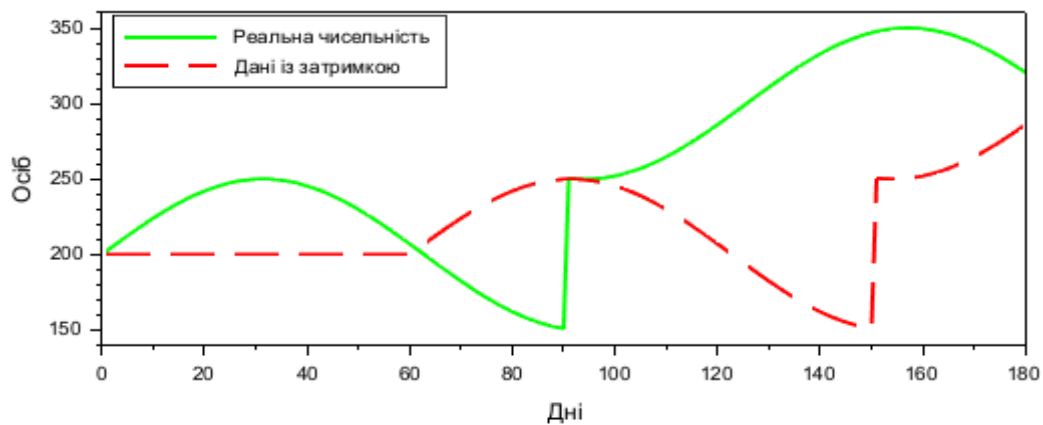
У задачах збору ТПВ важливим є визначення оптимальної кількості контейнерів та маршрутів обслуговування. Чисельність населення безпосередньо впливає на обсяг утворення відходів, що підтверджується сучасними дослідженнями у сфері управління ТПВ [3; 4].

Запропонований підхід дозволяє:

- узгоджувати кількість контейнерів із реальними потребами;
- адаптувати маршрути мобільних платформ;
- зменшувати перевантаження або недовикористання ресурсів.

Таким чином формується динамічна система управління, що враховує як поточні дані, так і структурні характеристики міського середовища.

Динаміка чисельності населення



Помилка планування ресурсів (Дефіцит/Надлишок)

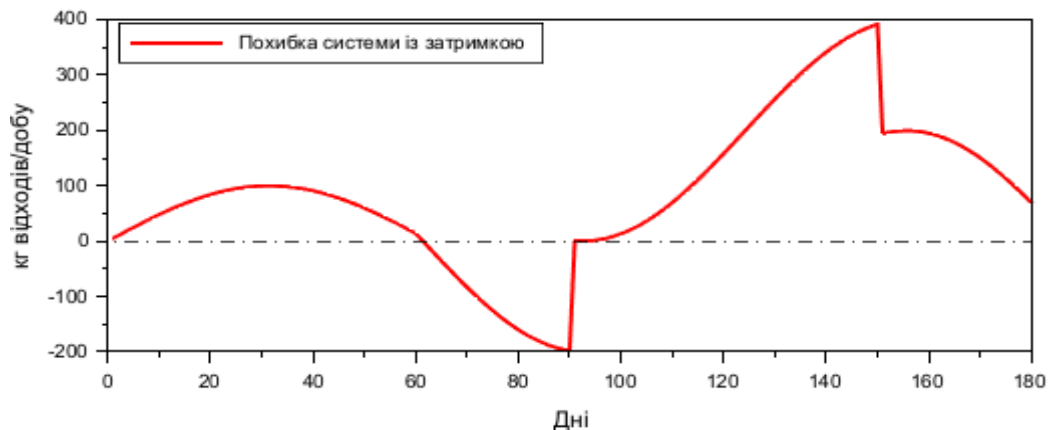


Рис. 1. Оцінка розсогласування між реальною потребою у вивозі ТПВ та плановими показниками за умов використання застарілих даних.



Проведений аналіз свідчить, що інтеграція телеметричних та інфраструктурних даних дозволяє підвищити ефективність використання мобільних платформ, зменшити надлишкові витрати та підвищити точність планування логістичних процесів. Важливим фактором є мінімізація часових розбіжностей між різнорідними джерелами інформації.

У сучасних системах управління міською інфраструктурою однією з проблем є **часова неузгодженість даних (temporal data inconsistency)**, що виникає при використанні інформації з різних джерел у різні моменти часу та призводить до помилок планування маршрутів і збільшення холостих переміщень мобільних платформ. Запропонований підхід передбачає синхронізацію потоків телеметричних та інфраструктурних даних у єдиному інформаційному середовищі.

Результати дослідження показують можливість підвищення ефективності використання мобільних платформ за рахунок зменшення інформаційних розбіжностей між джерелами даних приблизно на **10–15 %** залежно від умов експлуатації. Це досягається за рахунок скорочення холостих пробігів на **5–12 %** та більш раціонального використання контейнерної інфраструктури (**5–7 %**).

Підхід може бути використаний для цифрових платформ управління міською інфраструктурою при впровадженні концепцій **Smart City**.

ЛІТЕРАТУРА

1. Molodozhon, Y. M., Sytnikov, V. S., & Vodichev, V. A. (2025). Models and methods of operational control and remote monitoring of mobile platforms. *Electrotechnic and Computer Systems*. <https://doi.org/10.15276/eltecs.44.120.2025.4>
2. Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: Problems, methods, and applications*. SIAM. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594>
3. Zheng, Y. (2015). Trajectory data mining: An overview. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 6(3). <https://doi.org/10.1145/2743025>
4. Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>

УДК 004.42; 004:67

Владислав НЕДУЖКО,
студент гр. БІП2-22, факультет інженерії та
інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну



*Тетяна ДЕМКІВСЬКА,
кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

ПРОЄКТУВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВІЗУАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ ІЗ ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ КОДУ

Сучасний етап розвитку веб-технологій характеризується постійним зростанням вимог до швидкості та якості розробки користувацьких інтерфейсів (UI). Традиційний цикл розробки, що передбачає створення графічних макетів у спеціалізованих редакторах з наступною ручною версткою, часто стає "вузьким місцем" у процесі виведення програмних продуктів на ринок. Це зумовлює актуальність розробки візуальних конструкторів, які поєднують у собі можливості графічного редагування та автоматизованої трансляції візуальних рішень у семантично коректний програмний код.

Проектування візуального конструктора класів No-code/Low-code базується на необхідності вирішення складної інженерної задачі: створенні безшовного містка між візуальною абстракцією та технічною реалізацією [1]. Основним завданням такої системи є надання користувачу інструментарію для маніпуляцій об'єктами на інтерактивному полотні за допомогою механіки Drag-and-Drop, при цьому паралельно формуючи внутрішню структуру даних, що описує ієрархію та властивості елементів.

Архітектурною основою розроблюваного програмного рішення є модель представлення веб-документів у вигляді об'єктного дерева (DOM). Проте, на відміну від статичних веб-сторінок, візуальний конструктор оперує динамічним абстрактним синтаксичним деревом (AST), де кожен вузол відповідає за конкретний компонент інтерфейсу. Важливою частиною дослідження є розробка алгоритмів, що забезпечують коректне обчислення просторового розміщення елементів та їхніх стилістичних властивостей (CSS) у режимі реального часу. На відміну від застарілих рішень, що базувалися на абсолютному позиціонуванні, сучасний конструктор має орієнтуватися на генерацію адаптивної верстки, використовуючи алгоритми побудови Flexbox та Grid-структур [2]. Це дозволяє створювати інтерфейси, що коректно відображаються на пристроях із різною роздільною здатністю екрана, що є критично важливим для сучасного UX.

Окремим функціональним блоком системи виступає модуль інтелектуальної допомоги користувачу. В межах даного дослідження акцент робиться на автоматизації підбору колірних палітр та генерації графічного



контенту [3]. Алгоритм підбору кольірних рішень базується на математичних моделях гармонії кольорів, що дозволяє системі пропонувати естетично збалансовані схеми на основі обраного базового кольору або тематики ресурсу. Алгоритм підбору палітри базується на геометричному зсуві в кольірному росторі HSL. Для базового вектора $C_0 = (H_0, S_0, L_0)$ кожен i -й колір обчислюється як $H_i = (H_0 + \Delta \theta * i) \pmod{360}$, де $\Delta \theta$ – фіксований кут гармонії (180° для комплементарної, 120° для тріадної схеми). Параметри S_i та L_i динамічно коригуються для відповідності стандартам контрасту WCAG.

Для вирішення проблеми відсутності контенту на етапі прототипування передбачено інтеграцію модулів генеративного штучного інтелекту. Зокрема, використання технології Pollinations.ai дозволяє асинхронно генерувати унікальні зображення-плейхолдери за текстовим запитом користувача, що значно пришвидшує процес наповнення макета та візуалізації кінцевого дизайну [4].

Програмна реалізація такого конструктора вимагає використання сучасного технологічного стека, зокрема бібліотеки React для побудови реактивного інтерфейсу та спеціалізованих фреймворків для управління станом (Zustand або Craft.js). Такий підхід забезпечує високу продуктивність рендерингу робочої області навіть при значній кількості об'єктів на полотні. Кінцевим етапом роботи конструктора є модуль експорту, який парсить внутрішній стан системи та формує чистий zip-архів із валідними HTML-файлами та оптимізованими CSS-стилями.

Таким чином, розробка візуального конструктора UI/UX інтерфейсів дозволяє суттєво оптимізувати процес веб-розробки, роблячи його доступним для користувачів без глибоких знань програмування, але при цьому забезпечуючи високу технічну якість вихідного продукту. Поєднання алгоритмічних методів верстки та сучасних засобів генерації контенту створює ефективне середовище для швидкого та якісного прототипування сучасних веб-застосунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Algorithms in Low-Code-No-Code for Research Applications: A Practical Review. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4893/16/2/108> (date of access: 10.04.2026).
2. World Wide Web Consortium (W3C). CSS Flexible Box Layout Module Level 1. W3C Candidate Recommendation Draft. 2023. URL: <https://www.w3.org/TR/css-flexbox-1/> (date of access: 10.04.2026).
3. Color Palette Generation Algorithms: A Deep Dive into HSL-Based Color Theory. URL: <https://dev.to/linmingren/color-palette-generation-algorithms-a-deep-dive-into-hsl-based-color-theory-p1d> (date of access: 10.04.2026).



4. Pollinations.ai API Documentation. Generative AI for Visual Content Integration. 2024. URL: <https://pollinations.ai/docs> (date of access: 10.04.2026).

УДК 004.031

Оксана ОГНЄВА,

*к.т.н., доцент, завідувач кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*

Олександр КОРНІЄНКО,

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 121
«Інженерія програмного забезпечення»,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ПРОГРАМУВАННЯ НА PYTHON

По своїй суті енергоефективність - раціональне використання енергетичних ресурсів, спрямоване на отримання максимальної корисної роботи при мінімальних енергетичних витратах [1]. Попит на енергоефективні обчислювальні системи ніколи не був таким значущим, як зараз, з огляду на зростання використання програмного забезпечення в різних секторах [4]. Python - популярна мова програмування, відома своєю простотою навчання та великою кількістю бібліотек. Енергоефективність у контексті Python полягає у виборі оптимальних алгоритмів, структур даних та бібліотек, що забезпечують виконання задачі з найменшими енергетичними витратами, однак існує занепокоєння щодо співвідношення продуктивності та енергоспоживання при програмуванні на Python.

Зростання використання програмних застосунків призвело до значного збільшення попиту на енергію, особливо в дата-центрах та ІТ-інфраструктурах. Оскільки прогнозується, що глобальне споживання енергії перевищить її виробництво вже до 2030 року, оптимізація енергоспоживання під час програмування стала надзвичайно важливою [4]. В роботі [3] порівнюється 27 мов за часом виконання, пам'яттю та енергоспоживанням на 10 алгоритмах з Computer Language Benchmarks Game. Python посідає одне з останніх місць - споживає приблизно 75 разів більше енергії, ніж C, і за висновком - є одним з найменш енергоефективних інтерпретованих мов. В дослідженні [4] також підтверджується, що Python є найменш енергоефективною мовою програмування. Інші дослідження [2] доводять що більшість коду на Python вимагає інтенсивних обчислень через бібліотеки C, а не безпосередньо через Python та інші особливості. Дослідження [4] показує енергоефективність різних



шаблонів і технік кодування в Python з метою спрямувати програмістів до більш усвідомлених та енергоощадних практик програмування. Основні результати дослідження [4] включають переваги використання ефективних структур даних та користь динамічного програмування в певних сценаріях.

Ефективні практики програмування на Python можуть суттєво зменшити енергоспоживання програмного забезпечення. Спеціалістами пропонується мінімізувати непотрібні обчислення, обирати ефективні алгоритми (структури або бібліотеки) та тестувати енергоспоживання; для невеликих обчислень на одному комп'ютері ПК є енергоефективнішим за хмарний сервіс Google Colab (через мережеві затримки та накладні витрати), але хмарні обчислення перспективні для глобального використання (масштабні задачі, розподілені системи) [4].

Висновки. Впровадження енергоефективних рішень скорочує витрати на енергоресурси, зменшує викиди CO₂ та покращує екологічну ситуацію. Python - одна з найпопулярніших мов програмування завдяки своїм ключовим перевагам. У контексті енергоефективності Python поступається C/C++, але компенсує це простотою оптимізації та бібліотеками, які наближають продуктивність до нативного коду. Для певного проекту розробник сам вибирає, яким програмним інструментарієм краще користуватися. Для конкретного проекту розробник самостійно обирає оптимальний програмний інструментарій. На сьогодні оптимізація коду з точки зору енергоспоживання є необхідною вимогою. Ефективні практики енергоефективних програмних рішень надихають на впровадження стійких практик розробки програмного забезпечення, сприяючи створенню більш екологічної індустрії обчислень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергоефективність та енергозбереження (2022). URL: <https://europan.ua/news/energoefektivnist-ta-energozberezhennja/>
2. Green-Coding.io (2024). Energy Efficiency of programming languages – Revisiting Python in 2024. URL: <https://www.green-coding.io/case-studies/energy-efficiency-python/>
3. Pereira R., Couto M., Ribeiro F., Rua R., Cunha J., Fernandes J., Saraiva J. (2021). Ranking programming languages by energy efficiency. Science of Computer Programming. 205. 102609. 10.1016/j.scico.2021.102609.
4. Stoico V., Dragomir A., Lago P. (2025). An Empirical Study on the Performance and Energy Usage of Compiled Python Code. 10.48550/arXiv.2505.02346.



УДК 004.8

Оксана ОГНЄВА,
*к.т.н., доцент, завідувач кафедри програмних засобів і технологій,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*
Єлизавета РИНДЕНКО,
*здобувач першого (бакалаврського рівня вищої освіти спеціальності 121
«Інженерія програмного забезпечення»,
Херсонський національний технічний університет,
м.Хмельницький, Україна*

МЕТОДИ КОНТРОЛЬОВАНОГО РЕДАГУВАННЯ ТЕКСТІВ ВЕЛИКИМИ МОДЕЛЯМИ

У сучасному світі, коли технології штучного інтелекту (ШІ), зокрема великі мовні моделі (LLM), активно розвиваються, робота з текстовими даними стає простішою, а перспективи їх використання у цій сфері тільки розширюються. Наразі LLM досить успішно справляються з задачами обробки природної мови, зокрема генерацією різних текстів. Однак використання цих моделей для редагування вже існуючих художніх творів залишається проблематичним і стикається з низкою обмежень, зумовлених особливостями їх функціонування.

Таким чином, виникає потреба в розробці методології до формування запитів (prompt engineering), які враховують специфіку редагування, зокрема поєднання жорстких обмежень (заборони на зміну сюжету, імен, тональності, структури) та гнучких вимог (збереження стилю), а також забезпечують чітко визначений формат відповіді та контроль обсягу оброблюваного тексту. Такий підхід дозволить розглядати LLM не як інструмент генерації, а як засіб контрольованого редагування тексту [3].

Існуючі методи prompt engineering (англійський шаблон, role-prompting, negative instructions, structured output, hard/soft control) є глибоко дослідженими та технічно обґрунтованими. Однак майже всі вони орієнтовані на генерацію тексту з нуля (creative writing, DOC тощо). Системних досліджень, присвячених саме редагуванню вже існуючих художніх текстів з обов'язковим збереженням авторського стилю, практично немає. Саме тому ці підходи потребують адаптації, оскільки така задача передбачає не створення нового контенту, а контрольовану модифікацію вже існуючого із збереженням авторського стилю та змісту [1, 4-5].



Редагування художнього тексту потребує делікатної та контрольованої роботи зі зміною його контенту з обов'язковим збереженням авторського стилю, сюжету та емоційного тону. Саме тому пропонується спеціалізована методологія контрольованого редагування, що базується на поєднанні ітеративного опрацювання тексту та багаторівневої структури запиту.

Ця методологія спроектована виключно для роботи з художньою прозою (романами, оповіданнями, новелами тощо), яка, на відміну від поезії, де форма тексту з його ритмом і римою жорсткою основою твору, дозволяє легко та гнучко застосовувати методи автоматизованого редагування без ризику руйнування художньої структури при правильному налаштуванні інструментів.

Для досягнення відтворюваності та стабільності результатів (адже навіть мінімальна зміна формулювання може суттєво вплинути на відповідь) передбачається використання заздалегідь підготованих шаблонів, кожен з яких складається з універсальної (фіксованої) частини та змінної, що буде адаптуватися під конкретну задачу редагування. Такий внутрішній поділ дозволяє автору чи розробнику створити свою бібліотеку шаблонів (наприклад, «граматика та пунктуація», «спрощення структури», «усунення логічних проблем» тощо) та застосовувати однаковий запит до всіх текстових фрагментів твору.

Для формулювання інструкцій у шаблонах рекомендується використання англійської мови (cross-lingual prompting), що обумовлено суттєвим переважанням англійськомовних даних у масивах попереднього навчання LLM. Саме такий підхід має забезпечити значно вищу точність і стабільність виконання директив порівняно з інструкціями іншими мовами, де можливе виникнення помилок перекладу та семантики. Сам же текст для редагування залишається мовою оригіналу. Таке розмежування дозволить моделі чітко розділити директиву виконання та художній контент [1-2, 4-5].

Директива виконання повинна включати:

1. Role-prompting (надання ролі) – призначення моделі персони «досвідченого літературного редактора», що активує відповідні лінгвістичні патерни, орієнтовані на роботу з художнім текстом (наприклад, «You are a professional literary editor with 20 years of experience in editing prose»).

2. Negative instructions (жорсткі заборони) – чіткий перелік обмежень (наприклад, «don't change the plot», «don't change the characters», «don't add your own descriptions» тощо), що суворо обмежує «волю» LLM та запобігає несанкціонованій генерації контенту.

3. Soft control (м'який контроль) – вказівки щодо збереження унікального авторського голосу, настрою та емоційного забарвлення (наприклад, «Preserve the original author's voice, rhythm, unique linguistic features



and emotional tone as much as possible», «Keep the author's individuality intact» тощо).

4. Hard control (функціональне завдання) – точний опис необхідного типу редагування (наприклад, «Fix grammar, punctuation and spelling errors», «Simplify sentence structure for better readability without losing style» тощо).

Завершальним етапом розглядаємої методології є формалізація відповіді у форматі JSON, що дозволить повністю відокремити відредагований текст від будь-якого «дружнього» супроводу моделі. Рекомендована структура вихідного об'єкта включає такі поля:

- edited_text – фінальна відредагована версія фрагмента;
- notes – поле для технічних приміток або зауважень моделі щодо складних моментів (заповнюється лише за необхідності);
- detected_language_code – опціональне поле для верифікації мовного середовища та валідації автоматизованої обробки.

У контексті запиту ця вимога формулюється так:

```
Return a valid JSON object with the following structure only:  
{  
  "edited_text": "the final edited version of the provided text",  
  "notes": "short notes only if there are critical issues that require author's  
attention (otherwise null)"  
}
```

На основі вищезазначеного, загальний алгоритм автоматизованого редагування художнього твору такий:

1. Розбити текст на фрагменти довжиною 2000-3500 символів.
2. Вибрати відповідний шаблон з бібліотеки.
3. Підставити фрагмент тексту в змінну частину.
4. Надіслати запит моделі.
5. Отримати відповідь у форматі JSON.
6. Витягнути відредагований текст з поля «edited_text».
7. Інтегрувати опрацьований фрагмент назад у загальну структуру тексту.
8. За наявності значень у полі «notes» – необхідно розглянути проблему вручну.

Розглянута методологія поєднує найкращі практики існуючого prompt engineering й адаптує їх під специфіку редагування художньої прози, що дозволяє перетворити LLM на надійний, контрольований та допоміжний інструмент допомоги.

Для демонстрації ефективності роботи запропонованої методології було обрано фрагмент оригінальної художньої прози українською мовою (2 абзаци,



997 символів, 137 слів), який характеризується наявністю авторської пунктуації та специфічного емоційного забарвлення. Цей фрагмент спочатку оброблено за допомогою базового запиту у моделі GPT-5.3, а потім – за повним структурованим шаблоном, побудованим відповідно до описаної методології. Обидва експерименти проведено на одному й тому самому фрагменті для об'єктивного порівняння.

Для порівняння було побудовано структурований запит за запропонованою методологією. Отримані результати чітко підтверджують ефективність запропонованої методології побудови структурованого запиту як надійного інструменту контрольованого редагування художньої прози.

Висновки. Запропонована методологія побудови структурованих запитів до великих мовних моделей для контрольованого редагування художньої прози ефективно вирішує ключові проблеми: дозволяє мінімізувати прояви когнітивної інерції, уникнути небажаних змін змісту та «дружньої» поведінка, а також забезпечити збереження авторського стилю. Проведена демонстрація на реальному фрагменті показала, що простий запит призводить до непотрібних змін і втрати авторського голосу, тоді як структурований запит забезпечує мінімальні точкові правки без порушення сюжету, тону чи індивідуального стилю автора. Це доводить, що використання ШІ для редагування художніх текстів є доцільним і безпечним, якщо модель жорстко обмежена в правах і змушена працювати виключно в межах авторського бачення. Структурована відповідь усуває зайвий супровід і відкриває можливість легкої інтеграції результатів у платформи для письменників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chen B. et al. (2025). Unleashing the potential of prompt engineering for large language models. arXiv: 2310.14735v6. URL: <https://arxiv.org/pdf/2310.14735>
2. Elnashar A., White J., Schmidt, D. C. (2025). Prompt engineering for structured data: a comparative evaluation of styles and LLM performance. URL: [https://www.cs.wm.edu/~dcschmidt/PDF/Optimizing Prompt Styles for Structured Data Generation in LLM.pdf](https://www.cs.wm.edu/~dcschmidt/PDF/Optimizing_Prompt_Styles_for_Structured_Data_Generation_in_LLM.pdf)
3. Liang X. et al. (2024). Controllable Text Generation for Large Language Models: A Survey. arXiv:2408.12599v1. URL: <https://arxiv.org/pdf/2408.12599>
4. Schulhoff S. et al. (2025). The Prompt Report: A Systematic Survey of Prompt Engineering Techniques. arXiv:2406.06608v6. URL: <https://arxiv.org/pdf/2406.06608>
5. Ye J. et al. (2025). Structured Outputs in Prompt Engineering: Enhancing LLM Adaptability on Counterintuitive URL: <https://aclanthology.org/2025.wasp-main.13.pdf>



УДК: 004.942:004.4'2:378

*Катерина ПАЛАГУТА,
канд. екон. наук, доцент,
кафедра інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державний торговельно-економічний університет, місто Київ*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ОСВІТНІ ЕКОСИСТЕМИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАЛЬНИХ ПЛАТФОРМ ЗАСОБАМИ ШІ

У сучасному інформаційному суспільстві система освіти зазнає суттєвих трансформацій під впливом цифровізації, розвитку мережових технологій та широкого впровадження штучного інтелекту. Освітні платформи, які спочатку виконували переважно функції електронного доступу до навчальних матеріалів, поступово еволюціонують у складні інтегровані середовища взаємодії, що забезпечують підтримку навчальної діяльності, управління освітнім процесом, аналітику навчальних результатів та персоналізацію навчання. У цьому контексті формується нова концепція організації освітнього середовища — інтелектуальні освітні екосистеми, які поєднують цифрові платформи, аналітичні інструменти, сервіси штучного інтелекту, хмарні технології та соціальні механізми взаємодії учасників освітнього процесу.

Актуальність дослідження інтелектуальних освітніх екосистем зумовлена зростанням обсягів освітніх даних, необхідністю адаптації навчального процесу до індивідуальних потреб здобувачів освіти та підвищенням вимог до ефективності освітніх платформ. Традиційні системи дистанційного навчання, такі як Moodle, Blackboard або Canvas, здебільшого реалізують функції управління курсами, зберігання навчального контенту та організації комунікації між викладачем і студентами. Проте сучасні освітні процеси потребують більш складних механізмів підтримки прийняття педагогічних рішень, автоматизованого аналізу навчальної діяльності, адаптації освітнього контенту та прогнозування результатів навчання. Саме тому інтеграція методів штучного інтелекту у структуру освітніх платформ стає одним із ключових напрямів розвитку цифрової освіти.

Інтелектуальна освітня екосистема може розглядатися як комплексна інформаційна система, що об'єднує навчальні ресурси, користувачів, аналітичні модулі та алгоритми штучного інтелекту у єдине інтегроване середовище. На відміну від традиційних освітніх платформ, така екосистема функціонує не лише як інструмент доставки навчального контенту, а як адаптивна система підтримки навчання, здатна аналізувати поведінку користувачів, моделювати



освітні траєкторії та автоматично генерувати рекомендації щодо організації навчального процесу. У межах такої системи навчальні дані стають ключовим ресурсом, а аналітичні алгоритми забезпечують їх інтерпретацію для підвищення ефективності навчання.

Однією з ключових характеристик інтелектуальних освітніх екосистем є персоналізація навчання. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє аналізувати індивідуальні особливості навчальної діяльності здобувачів освіти, визначати їх рівень підготовки, темп засвоєння матеріалу, типові помилки та навчальні стилі. На основі цих даних система може адаптувати структуру курсу, складність завдань, порядок вивчення тем і форму подання навчального матеріалу. Таким чином формується індивідуальна освітня траєкторія, що забезпечує більш ефективно засвоєння знань та підвищує мотивацію до навчання.

Важливим елементом інтелектуальних освітніх платформ є застосування технологій освітньої аналітики (Learning Analytics). Ці технології дозволяють збирати та аналізувати великі масиви даних про навчальну активність студентів, зокрема результати тестування, частоту взаємодії з навчальними матеріалами, участь у форумах, виконання практичних завдань та інші показники навчальної діяльності. Аналіз таких даних дає можливість виявляти закономірності навчального процесу, оцінювати ефективність освітніх ресурсів та прогнозувати академічну успішність студентів. Для викладачів це створює можливість отримання обґрунтованих рекомендацій щодо вдосконалення методів викладання, оптимізації структури курсу та своєчасного виявлення студентів, які потребують додаткової підтримки.

Інтеграція штучного інтелекту в освітні платформи також сприяє розвитку інтелектуальних навчальних агентів та віртуальних асистентів. Такі системи можуть виконувати функції консультантів, які допомагають студентам орієнтуватися у навчальному матеріалі, відповідати на типові запитання, пояснювати складні теми та надавати рекомендації щодо подальшого навчання. Використання чат-ботів на основі сучасних мовних моделей значно розширює можливості автоматизованої підтримки навчального процесу, оскільки вони здатні взаємодіяти з користувачами у природній мовній формі та адаптувати відповіді до контексту запиту.

Ще одним важливим напрямом розвитку інтелектуальних освітніх екосистем є автоматизація оцінювання результатів навчання. Системи штучного інтелекту можуть використовуватися для перевірки тестових завдань, аналізу програмного коду, оцінювання есе та інших видів навчальних робіт. Це дозволяє значно зменшити навантаження на викладачів та забезпечити оперативний зворотний зв'язок для студентів. Крім того, застосування



алгоритмів обробки природної мови дає можливість аналізувати зміст текстових відповідей та визначати рівень розуміння навчального матеріалу.

Важливою характеристикою інтелектуальних освітніх екосистем є їх мережевий та інтеграційний характер. Такі системи не обмежуються межами окремої платформи, а формують складні цифрові середовища, що інтегрують різноманітні освітні сервіси, бази даних, хмарні інструменти та зовнішні освітні ресурси. У межах екосистемного підходу освітня платформа виступає центральним вузлом взаємодії між різними компонентами цифрової освіти: системами управління навчанням, бібліотеками цифрових ресурсів, платформами масових відкритих онлайн-курсів, системами відеоконференцій, сервісами аналітики та іншими інформаційними системами.

Застосування екосистемного підходу до організації освітніх платформ сприяє підвищенню гнучкості та масштабованості освітнього середовища. Завдяки використанню мікросервісної архітектури, хмарних технологій та відкритих програмних інтерфейсів (API) різні компоненти освітньої системи можуть взаємодіяти між собою та доповнювати функціональні можливості один одного. Це створює передумови для формування відкритих освітніх середовищ, у яких різні освітні інституції, розробники програмного забезпечення та провайдери освітнього контенту можуть спільно розвивати інноваційні цифрові сервіси.

Разом з тим розвиток інтелектуальних освітніх екосистем пов'язаний з низкою викликів та ризиків. Одним із ключових питань є забезпечення етичного та відповідального використання технологій штучного інтелекту в освіті. Застосування алгоритмів машинного навчання потребує ретельного контролю якості навчальних даних, прозорості алгоритмічних рішень та запобігання можливим упередженням у процесі автоматизованого аналізу навчальної діяльності. Крім того, важливими аспектами є забезпечення конфіденційності персональних даних здобувачів освіти, дотримання принципів академічної доброчесності та збереження ролі викладача як ключового суб'єкта освітнього процесу.

В умовах швидкого розвитку технологій штучного інтелекту роль викладача трансформується від традиційної моделі передачі знань до функцій наставника, фасилітатора навчального процесу та організатора освітнього середовища. Інтелектуальні системи можуть виконувати частину рутинних завдань, пов'язаних із перевіркою робіт, аналізом навчальної активності або формуванням рекомендацій, однак стратегічні педагогічні рішення, формування критичного мислення та розвиток творчих здібностей студентів залишаються пріоритетною сферою діяльності людини.

Таким чином, інтеграція технологій штучного інтелекту в освітні платформи сприяє формуванню нової парадигми організації цифрової освіти, у



межах якої навчальні системи трансформуються у комплексні інтелектуальні екосистеми. Такі екосистеми забезпечують адаптивність, персоналізацію, аналітичну підтримку та інтеграцію різних освітніх сервісів, що дозволяє підвищити ефективність навчального процесу та створити більш гнучке освітнє середовище. Подальший розвиток інтелектуальних освітніх екосистем пов'язаний із вдосконаленням алгоритмів штучного інтелекту, розширенням можливостей освітньої аналітики, інтеграцією різних цифрових платформ та формуванням нових моделей взаємодії між учасниками освітнього процесу. Реалізація таких підходів відкриває перспективи створення інноваційних освітніх середовищ, здатних забезпечити підготовку фахівців для цифрової економіки та інформаційного суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриценчук О. Використання штучного інтелекту в освіті: тенденції та перспективи в Україні та за кордоном (2024). Цифрова бібліотека НАПН України. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743864/1/123-Article%20Text-371-1-10-20241129%203.pdf>
2. Спирін О.М., Ляшенко О.І., Литвинова С.Г., Мальований Ю.І., Пінчук О.П., Соколюк О.М. Digital transformation of education: artificial intelligence in the modern educational space: scientific and analytical report (2025). ІЦО НАПН України. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/747330/>
3. Никоненко А.О. Вплив штучного інтелекту на сучасну освіту: перспективи та виклики (2023). Журнал Artificial Intelligence. URL: <https://jai.in.ua/archive/2023/2023-2-1.pdf>
4. Hul T., Matviichuk N., Hodzhal S. Integration of AI into Learning and Education: A Comparative Analysis of European and Ukrainian Experiences (2025). Journal of Learning for Development. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1489577.pdf>

УДК 004.415.53

Ярослав ПРИСЯЖНИЙ

аспірант кафедри комп'ютерних наук

Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький

МЕТОДИ ПРІОРИТИЗАЦІЇ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕГРЕСІЙНИХ НАБОРІВ У БЕЗПЕРЕРВНІЙ ІНТЕГРАЦІЇ

Вступ. В умовах сучасної розробки програмного забезпечення безперервна інтеграція (CI — Continuous Integration) стала невід'ємною



частиною процесу доставки якісного продукту. Центральним елементом СІ-пайплайну є регресійне тестування — процес перевірки того, що нові зміни у кодї не порушили раніше працюючий функціонал. Проте зі зростанням обсягу кодової бази та кількості тестів виникає критична проблема: повне виконання регресійного набору потребує значного часу, що суперечить принципу швидкого зворотного зв'язку в СІ. Саме тому питання пріоритизації та оптимізації регресійних тест-наборів набуває особливої актуальності як у наукових дослідженнях, так і в промисловій практиці.

Метою даної роботи є аналіз існуючих методів пріоритизації та оптимізації регресійних тест-наборів, систематизація підходів та визначення найбільш ефективних стратегій для застосування в середовищах безперервної інтеграції.

1. Проблематика регресійного тестування у СІ.

Регресійне тестування в СІ-середовищах характеризується специфічними обмеженнями. По-перше, кожен коміт або pull request ініціює запуск тестів, що означає сотні і тисячі виконань на день у великих проєктах. По-друге, час очікування результатів безпосередньо впливає на продуктивність команди — тривалий цикл зворотного зв'язку знижує ефективність розробки. За даними досліджень, у великих промислових системах повний регресійний набір може виконуватися годинами, тоді як СІ вимагає результатів за хвилини.

Виділяють три основних підходи до вирішення цієї проблеми:

- відбір тестів (Test Selection) — виконання лише підмножини тестів, релевантних до змін;
- пріоритизація тестів (Test Prioritization) — впорядкування тестів для якомога ранішого виявлення дефектів;
- мінімізація тест-набору (Test Suite Minimization) — видалення надлишкових тестів без втрати покриття.

2. Методи пріоритизації регресійних тестів.

Пріоритизація тестів передбачає впорядкування тестових випадків таким чином, щоб тести з найвищою ймовірністю виявлення дефектів виконувалися першими. Розрізняють такі підходи:

2.1. Методи на основі покриття коду. Найпоширенішими є методи, засновані на покритті коду (code coverage-based prioritization). Тести, що покривають нещодавно змінені рядки коду, отримують вищий пріоритет. Методика Total Branch Coverage Prioritization впорядковує тести за максимальним покриттям гілок, а Additional Branch Coverage — ітеративно обирає тест із найбільшим додатковим покриттям на кожному кроці.

2.2. Методи на основі історії виконань. Підходи, засновані на аналізі histórico виконань (history-based methods), враховують статистику минулих запусків: частоту провалів, час виконання, кількість виявлених дефектів.



ROCKET (Regression Order based on Code Knowledge, Execution history, and Time) є прикладом гібридного методу, що поєднує інформацію про зміни в коді та попередні результати тестів.

2.3. Методи машинного навчання.

З розвитком штучного інтелекту активно досліджуються ML-підходи до пріоритизації. Зокрема, алгоритми навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) дозволяють адаптивно будувати стратегію пріоритизації в режимі реального часу. Підхід RETECS (Reinforcement Learning for Test Case Selection) демонструє здатність до автоматичного навчання оптимальної стратегії без попередньої розмітки даних. Методи на основі Random Forest та градієнтного бустингу (XGBoost) успішно застосовуються для передбачення ймовірності провалу тесту на основі метрик коду та контексту змін.

3. Методи відбору та мінімізації тест-наборів.

3.1. Відбір тестів на основі аналізу змін. Методи відбору тестів (Regression Test Selection, RTS) спрямовані на ідентифікацію підмножини тестів, що потенційно зачіпаються поточними змінами у коді. Підхід на основі графа залежностей (dependency graph analysis) аналізує зв'язки між модулями системи та тестами, що їх покривають. Інструменти на зразок Pytest-Testmon для Python або Jest з вбудованим --onlyChanged для JavaScript реалізують цей принцип на практиці.

3.2. Fuzzy-відбір та імовірнісні методи. Ймовірнісний відбір тестів дозволяє знаходити баланс між швидкістю та повнотою перевірки. Методи на базі нечіткої логіки (fuzzy logic) враховують ступінь залежності між змінами та тестами, що є більш гнучким, ніж бінарне рішення «виконувати/не виконувати».

3.3. Мінімізація на основі аналізу покриття. Мінімізація тест-набору передбачає виявлення та видалення тестів, чиє покриття цілком сумується з іншими тестами. Хоча цей підхід зменшує розмір набору, він несе ризик втрати fault detection здатності, тому на практиці рекомендується поєднувати його з пріоритизацією.

4. Порівняльний аналіз підходів

Таблиця 1.

Метод	Складність	Швидкість виявлення дефектів	Вплив на покриття
На основі покриття коду	Середня	Висока	Мінімальний
На основі історії	Низька	Висока	Відсутній



Продовження таблиці 1.

ML/RL-підходи	Висока	Дуже висока	Залежить від моделі
RTS (Відбір за змінами)	Середня	Середня	Можливе зниження
Мінімізація набору	Висока	Середня	Значне зниження

Аналіз показує, що жоден з методів не є універсальним. Найефективнішою стратегією є гібридний підхід: комбінація відбору тестів на основі змін коду з наступною пріоритизацією на базі ML-моделі, навченої на історії виконань.

5. Практичне застосування у CI-пайплайнах.

На практиці реалізація оптимізованого регресійного тестування в CI передбачає такі кроки:

1. Інтеграція аналізу змін коду (diff analysis) на рівні CI-агента;
2. Відображення змінених модулів на відповідні тестові випадки через матрицю покриття;
3. Застосування ML-моделі для ранжування відібраних тестів;
4. Виконання пріоритизованої підмножини в основному пайплайні;
5. Асинхронне виконання повного набору тестів у нічних збірках.

Такий підхід дозволяє скоротити час виконання тестів у CI на 40–70% при збереженні рівня виявлення дефектів, близького до повного набору.

Висновки. У роботі систематизовано методи пріоритизації та оптимізації регресійних тест-наборів у контексті безперервної інтеграції. Показано, що сучасні підходи еволюціонують від детерміністичних методів на основі покриття коду до адаптивних ML-стратегій. Гібридні підходи, що поєднують RTS і пріоритизацію на базі машинного навчання, забезпечують найкращий баланс між швидкістю зворотного зв'язку та якістю тестування. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка самонавчальних систем пріоритизації, що адаптуються до специфіки конкретного проекту в режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rothermel G., Harrold M. J. A Safe, Efficient Regression Test Selection Technique // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. – 1997. – Vol. 6, No. 2. – P. 173–210.



2. Luo Q. et al. An Empirical Analysis of Flaky Tests // Proceedings of the 22nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering. – 2014. – P. 643–653.

3. Spieker H. et al. Reinforcement Learning for Automatic Test Case Prioritization and Selection in Continuous Integration // Proceedings of the 26th ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis. – 2017. – P. 12–22.

4. Bertolino A. Software Testing Research: Achievements, Challenges, Dreams // Future of Software Engineering. IEEE Computer Society. – 2007. – P. 85–103.

5. Elbaum S., Malishevsky A., Rothermel G. Test Case Prioritization: A Family of Empirical Studies // IEEE Transactions on Software Engineering. – 2002. – Vol. 28, No. 2. – P. 159–182.

6. Yoo S., Harman M. Regression Testing Minimization, Selection and Prioritization: A Survey // Software Testing, Verification and Reliability. – 2012. – Vol. 22, No. 2. – P. 67–120.

УДК 004.77

Андрій РУССКІЙ

*студент 4 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки»,
Херсонський національний технічний університет*

Світлана МОІСЕЄНКО

кандидат технічних наук,

доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук

Наталія КОРНІЛОВСЬКА

кандидат технічних наук,

доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕБ-КОНТЕНТОМ НА БАЗІ DJANGO ТА WAGTAIL

Сучасні веб-ресурси освітніх, державних і громадських установ виконують одночасно інформаційну, комунікаційну та організаційну функції, тому потребують регулярного оновлення контенту, зручного адміністрування та чіткої організації структури даних. На практиці підтримка таких ресурсів нерідко ускладнюється тим, що типові CMS або є надмірно шаблонними й погано адаптуються до специфічних потреб установи, або потребують великої кількості доопрацювань, які з часом ускладнюють супровід системи. Наслідком цього стає зниження швидкості оновлення матеріалів, ускладнення керування правами доступу, зростання складності редакційних процесів і обмеження подальшого масштабування ресурсу [1; 2].



Метою роботи є обґрунтування, проєктування та апробація підходу до створення модульної системи керування веб-контентом на базі Django та Wagtail. Така постановка мети поєднує теоретичний і прикладний аспекти дослідження та відображає науково-практичний характер роботи. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

1. Проаналізувати підходи до керування контентом і обмеження типових CMS;
2. Сформулювати вимоги до модульної архітектури; описати ключові сутності предметної області та їх зв'язки;
3. Спроєктувати модульну структуру системи та канали інтеграції;
4. Обґрунтувати вибір технологічної основи реалізації й цільової системи керування базами даних; продемонструвати практичну реалізацію окремих модулів у межах прототипу системи.

Як технологічну основу обрано Django як фреймворк серверної логіки та Wagtail як CMS-рівень, що надає редакторам зручний адміністративний інтерфейс і водночас дозволяє реалізовувати контент як розширювані Django-моделі [1; 3]. Вибір Django зумовлений його зрілістю, наявністю вбудованих механізмів маршрутизації, міграцій, моделі користувачів та інструментів розмежування доступу [2; 4; 5]. Використання Wagtail є доцільним завдяки тому, що ця система поєднує зручність роботи редактора з гнучкістю програмної реалізації [6]. На відміну від багатьох популярних CMS загального призначення, підхід на основі Django та Wagtail забезпечує кращі можливості адаптації системи до специфічних процесів установи, що робить його обґрунтованим як з технічного, так і з науково-практичного погляду [6; 7; 8].

Архітектурно система розглядається як багаторівнева. На рівні представлення реалізуються шаблони та механізми візуалізації контенту. На рівні прикладної логіки зосереджуються правила публікації, бізнес-обмеження, механізми доступу та редакційні процеси. На рівні даних визначаються моделі, схеми зберігання контенту, документів, медіафайлів і службової інформації [1; 4]. У межах Wagtail керування контентом організоване на основі ієрархічної моделі сторінок, що забезпечує наочне структурування ресурсу та спрощує адміністрування сайту для користувачів без глибокої технічної підготовки [6; 7].

Ключовим інструментом модульності є компонентний підхід до побудови сторінок. Складні сторінки формуються з повторно використовуваних елементів, що дозволяє уніфікувати структуру матеріалів і пришвидшити наповнення ресурсу. У Wagtail така концепція реалізується через механізми побудови гнучкого контенту, коли сторінка не є жорстко фіксованою формою, а складається з набору блоків відповідно до визначених правил [7; 8; 9]. Це забезпечує баланс між свободою редактора та контрольованою структурою



даних, що є важливою вимогою для інформаційних систем освітнього спрямування.

Практична реалізація підходу може бути продемонстрована на прикладі прототипу веб-ресурсу, в якому виділено щонайменше кілька окремих модулів, зокрема модуль керування сторінками, модуль роботи з документами, модуль керування медіафайлами, модуль розмежування доступу та модуль редакційної взаємодії. Подібна організація системи спрощує супровід, дозволяє розвивати окремі частини ресурсу незалежно одна від одної та зменшує ризик порушення роботи ядра під час розширення функціональності [4; 6].

Для забезпечення масштабованості та можливості інтеграції із зовнішніми сервісами доцільно передбачити використання API. Це дозволяє організувати обмін даними між системою керування контентом і зовнішніми веб-сервісами без дублювання логіки та без зміни ядра системи [1; 5]. Окремим практично значущим напрямом є реалізація зовнішньої автентифікації користувачів через Google OAuth 2.0 / OpenID Connect, що підвищує зручність користування системою та забезпечує централізований підхід до ідентифікації користувачів [10; 11; 12; 13]. Крім того, розмежування ролей і прав доступу позитивно впливає на надійність і керованість системи, що є особливо важливим для веб-ресурсів освітніх установ [2; 3; 6].

Як цільову СУБД для програмної реалізації обґрунтовано використання PostgreSQL як надійної реляційної бази даних, що підтримує цілісність зв'язків між сутностями, розширення схеми через механізм міграцій та стабільну роботу під навантаженням [1; 4; 14]. Використання реляційної моделі є логічним для систем класу CMS, у яких важливо забезпечити коректність і несуперечність даних, пов'язаних зі сторінками, документами, медіафайлами, користувачами та правами доступу [14].

У висновку запропоновано підхід до побудови модульної системи керування веб-контентом на базі Django та Wagtail, у якому модульність досягається як на рівні архітектури застосунку, так і на рівні компонентної організації контенту. Визначено ключові сутності предметної області, окреслено модулі керування сторінками, документами, медіафайлами, доступами та редакційними процесами. Практична цінність підходу полягає у спрощенні супроводу веб-ресурсу, можливості гнучко розширювати структуру контенту, підвищенні надійності системи та забезпеченні керованого життєвого циклу публікацій. Подальші дослідження доцільно спрямувати на деталізацію моделей даних, розвиток механізмів workflow-модерації, розширення інтеграційного рівня та подальше вдосконалення зовнішньої автентифікації.



ЛІТЕРАТУРА

1. Django documentation. Databases. Official Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/6.0/ref/databases/> (дата звернення: 28.03.2026).
2. Django documentation. Using the authentication system. Official Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/6.0/topics/auth/default/> (дата звернення: 28.03.2026).
3. Django documentation. Customizing authentication. Official Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/6.0/topics/auth/customizing/> (дата звернення: 28.03.2026).
4. Django documentation. Migrations. Official Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/6.0/topics/migrations/> (дата звернення: 28.03.2026).
5. Django documentation. Settings. Official Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/6.0/ref/settings/> (дата звернення: 28.03.2026).
6. Wagtail Documentation. Permissions. Official Wagtail documentation. URL: <https://docs.wagtail.org/en/stable/topics/permissions.html> (дата звернення: 28.03.2026).
7. Wagtail Documentation. Release notes 7.1. Official Wagtail documentation. URL: <https://docs.wagtail.org/en/stable/releases/7.1.html> (дата звернення: 28.03.2026).
8. Wagtail Documentation. Release notes 5.2. Official Wagtail documentation. URL: <https://docs.wagtail.org/en/v5.2.4/releases/5.2.html> (дата звернення: 28.03.2026).
9. Wagtail Documentation. Release notes 4.2. Official Wagtail documentation. URL: <https://docs.wagtail.org/en/v6.3.5/releases/4.2.html> (дата звернення: 28.03.2026).
10. Google Developers. Using OAuth 2.0 for Web Server Applications. Official Google documentation. URL: <https://developers.google.com/identity/protocols/oauth2/web-server> (дата звернення: 28.03.2026).
11. Google Developers. OpenID Connect. Official Google documentation. URL: <https://developers.google.com/identity/openid-connect/openid-connect> (дата звернення: 28.03.2026).
12. Google Developers. Using OAuth 2.0 to Access Google APIs. Official Google documentation. URL: <https://developers.google.com/identity/protocols/oauth2> (дата звернення: 28.03.2026).



13. Google Developers. Create OAuth client credentials. Official Google documentation. URL: <https://developers.google.com/workspace/guides/create-credentials> (дата звернення: 28.03.2026).

14. PostgreSQL Documentation. Official PostgreSQL documentation. URL: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата звернення: 28.03.2026).

УДК: 004.94

Анатолій САВІН,

аспірант

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса

ОРГАНІЗАЦІЙНІ СКЛАДОВІ МОДЕЛЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ (ІСУП)

ВСТУП

У сучасних умовах цифровізації управління проєктами інформаційні системи дедалі частіше розглядаються як базова інфраструктура для планування, виконання, моніторингу та контролю. Проте сама наявність технічно розвиненого програмного продукту ще не гарантує керованості проєкту. На практиці значна частина проблем виникає не через брак функціональності системи, а через відсутність формалізованої організаційної моделі її використання: нечітко визначені ролі, відсутні правила фіксації управлінських рішень, не визначено механізми ескалації проблем і порядок обробки змін. За таких умов ІСУП перетворюється з інструмента управління на сховище розрізнених даних.

Проблема набуває особливої актуальності в проєктах розробки інформаційних систем, де висока динаміка вимог, технологічні зміни, та інтеграційна складність формують підвищений рівень невизначеності [1]. Сучасні ІСУП не здатні обробляти неструктуровану, динамічну та контекстно залежну інформацію.

Метою дослідження є обґрунтування ролі організаційних складових у моделях ІСУП та з'ясування того, як вони впливають на зменшення невизначеності при плануванні й виконанні проєктів.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

ІСУП доцільно розглядати не лише як програмно-технічний комплекс, а як соціотехнічну систему, у якій технічна модель даних та інтерфейсів нерозривно пов'язана з організаційною моделлю ролей, відповідальності і управлінських взаємодій. Саме тому модель ІСУП має складатися щонайменше з двох взаємопов'язаних контурів: *технічного та організаційного*. Якщо



технічний контур визначає, які дані зберігаються, як вони обробляються, в яких станах перебувають і з якими системами інтегруються, то організаційний контур визначає, хто, коли, на якій підставі і в якій послідовності ці дані створює, змінює, перевіряє, узгоджує та використовує для прийняття рішень.

Такий підхід є особливо важливим для проєктного середовища з підвищеною невизначеністю. *Онтологічна* невизначеність виникає там, де команда ще не має достатньо чіткого розуміння сутності проблеми, меж рішення або навіть самої мети проєкту; *епістемічна* — там, де бракує знань, достовірних даних або адекватної моделі розкладу проєкту; *алеаторна* — там, де навіть за наявності моделей і даних зберігається природна варіативність результатів [2]. У дослідженнях автора показано, що на ранніх фазах життєвого циклу переважає онтологічна невизначеність, на фазі організації та планування — епістемічна, а на фазі виконання, моніторингу та контролю особливо відчутною стає алеаторна складова. У таких умовах ІСУП не може бути ефективною, якщо її організаційний контур не адаптований до природи цих різних типів невизначеності.

Першою ключовою організаційною складовою моделі ІСУП є *рольова модель*. Йдеться не просто про перелік користувачів системи, а про чітке визначення суб'єктів створення, підтвердження, інтерпретації та ескалації інформації. Для проєкту розробки інформаційної системи це означає розмежування ролей між ініціатором, власником продукту, проєктним менеджером, бізнес-аналітиком, архітектором, технічним лідом, розробником, тестувальником, DevOps-фахівцем, замовником та іншими учасниками. Якщо така рольова модель не формалізована, система перестає бути джерелом керованості: одна й та сама сутність — наприклад, вимога, зміна або ризик — може мати кількох неформальних “власників”, а рішення щодо неї ухвалюватимуться поза межами системи. В результаті виникає атрибутивна невизначеність: незрозуміло, хто відповідає за створення, верифікацію чи актуалізацію даних.

Другою ключовою складовою є *правила фіксації управлінських рішень*. Більшість ІСУП технічно дозволяють зберігати задачі, статуси, документи та коментарі, але далеко не завжди забезпечують організаційно регламентовану фіксацію саме управлінських рішень — із зазначенням підстав, автора, дати, альтернатив, відхилених варіантів і наслідків для інших елементів проєкту. Для зменшення невизначеності недостатньо просто зберегти рішення “в історії переписки”. Потрібен організаційно визначений механізм ведення *журналу рішень*, який стає формалізованим носієм проєктної пам'яті. Саме такий журнал перетворює ІСУП на інструмент ведення та відтворення логіки розвитку проєкту. Це критично в інноваційних проєктах, де рішення часто приймаються



в умовах неповної визначеності та мають тимчасовий або експериментальний характер.

Третьою складовою є *маршрутизація інформації*. У багатьох організаціях вважається, що якщо інформація внесена в систему, то вона автоматично стане доступною всім потрібним учасникам. Насправді це не так. Дані в ІСУП проходять через певні організаційні стани: створення, верифікація, узгодження, прийняття або відхилення, та використання. Якщо не визначено, хто переводить об'єкт із одного стану в інший, які повідомлення генеруються, хто повинен реагувати і в який строк, то система не зменшує невизначеність, а лише накопичує інформаційний шум. Найбільш чутливими до порушення маршрутизації інформації є дані про зміни вимог, перегляд строків, архітектурні рішення та події, що впливають на хід виконання проекту. За відсутності формалізованих правил їх передачі, погодження та ескалації ІСУП втрачає здатність забезпечувати цілісність управлінського контексту, своєчасність реакції та узгодженість дій учасників проекту.

Четверта складова — *правила ескалації*. У проектному середовищі невизначеність не є статичним станом – вона проявляється у вигляді відхилень, конфліктів пріоритетів, блокуючих залежностей, перевантаження команди, неузгодженості рішень або дефіциту ресурсів. Тому важливо не лише зафіксувати проблему, а й визначити, за яких умов вона набуває статусу ескалації, хто має право її підняти, кому вона адресована і який часовий норматив реакції. Формалізація ескалаційного контуру особливо важлива для роботи з алеаторною невизначеністю, коли навіть за наявності якісного плану відхилення можуть виникати через природну варіативність виконання проекту.

П'ятою складовою є *організаційна модель управління змінами*. Для проектів розробки інформаційних систем зміни є не винятком, а нормою. Відтак ІСУП має підтримувати не просто запис факту зміни, а повний організаційний цикл: ініціювання, оцінювання впливу, погодження, пріоритизацію, відслідковування наслідків і перепланування остаточної частини проекту. Якщо цей цикл не визначено організаційно, технічно сильна система не запобігає хаосу: зміни накопичуються, але не проходять через єдину процедуру розгляду, внаслідок чого руйнується прозорість плану й зростає невизначеність як для команди, так і для стейкхолдерів. З огляду на це, управління змінами доцільно розглядати як системоутворюючий компонент організаційної моделі ІСУП, що забезпечує зв'язок між новими даними, управлінськими рішеннями та оновленням проектних планів.

Організаційна неузгодженість у проектах фактично руйнує керованість навіть тоді, коли використовується сучасне програмне забезпечення. Типовими її проявами є наявність кількох “джерел істини” для однієї й тієї самої інформації, ухвалення критичних рішень поза межами ІСУП, несинхронізовані



ролі між технічною та управлінською командами, неформальний обіг змін, відсутність історії причин відхилень та слабкий зв'язок між проєктними подіями і механізмами реакції. За таких умов ІСУП не зменшує невизначеність, а інколи навіть посилює її, оскільки створює ілюзію прозорості без реальної цілісності організаційних процесів.

Звідси випливає практично значущий висновок: потрібна формалізована організаційна модель ІСУП, яку можна використовувати не лише як концептуальну основу для побудови системи, а і як інструмент її аудиту. Така модель має дозволяти відповісти щонайменше на такі питання:

- Хто є власником кожного класу даних?
- Хто і на якій підставі змінює статуси?
- Як документуються рішення?
- Як виявляються і ескалюються відхилення?
- Як зміни проходять повний цикл розгляду?
- Які дані вважаються офіційними?
- Хто відповідає за їхню актуальність і достовірність?

У цьому контексті формалізація організаційних складових є необхідною умовою трансформації ІСУП із засобу фіксації проєктної інформації в інструмент підтримки управлінських процесів.

ВИСНОВКИ

ІСУП доцільно розглядати як поєднання технічної та організаційної моделі, причому саме організаційна складова визначає, чи буде система реально зменшувати невизначеність при плануванні та виконанні проєктів. Дослідження показало, що вирішальними для цього є формалізація ролей, правил фіксації рішень, маршрутизації інформації, ескалації та управління змінами. Практичне значення полягає в можливості застосування такої моделі як основи для аудиту, проєктування та вдосконалення моделей та методів ІСУП.

ЛІТЕРАТУРА

1. PMI. Navigating Complexity: A Practice Guide. – Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2014.
2. Walker W.E., Harremoës P., Rotmans J., van der Sluijs J.P., van Asselt M.B.A., Janssen P., & Kreyer von Krauss M.P. Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support // Integrated Assessment. – 2003. – Vol. 4, No. 1, pp. 5–17.



УДК 004.42; 004:67

Гліб СЕРГІЄНКО

*студент гр. БІП2-22, факультет інженерії та інформаційних технологій
Київський національний університет технологій та дизайну*

Тетяна ДЕМКІВСЬКА

*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій
Київський національний університет технологій та дизайну*

СТВОРЕННЯ МОДУЛЬНОЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КООРДИНУВАННЯ РОБОТИ РОЗРОБНИКІВ ПРОЄКТІВ

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій процес розробки програмного забезпечення стає дедалі складнішим і багатокомпонентним. Командна робота над розробкою програмного забезпечення передбачає взаємодію між різними ролями, такими як: розробник, тестувальник, бізнес-аналітик, продукт-менеджер. Ефективна координація цих ролей є головним фактором успішної розробки програмного забезпечення, а саме дотримання поставлених термінів і бюджетів та забезпечення якості програмного продукту.

На сьогоднішній день актуальним є створення модульної програмної системи, яка дозволяє координувати роботу учасників процесу розробки програмного забезпечення. Швидка та якісна координація дозволить адаптуватися до всіх можливих ризиків під час створення програмного забезпечення.

Метою роботи є проектування та реалізація системи для управління завданнями та контролю взаємодії учасників ІТ-проєктів. В основу розробки покладено модульний підхід, що дозволяє масштабувати функціонал без докорінної зміни архітектури. Система включає модулі управління завданнями, моніторингу виконання, координації команди.

Розроблена система базується на модульному підході, що передбачає поділ функціоналу на окремі незалежні компоненти. Це дозволяє забезпечити масштабованість, гнучкість та можливість подальшого розширення системи без значних змін у її архітектурі.

Основними перевагами розробленої системи є:

- інтегрована логіка перевірки: автоматичне відстеження статусів виконання завдань та відповідності термінам (Deadlines);



- прозорість процесів: відображення ієрархії завдань та залежностей між ними.

Користувачі системи отримують можливість створювати, редагувати та відслідковувати завдання, визначати їх пріоритетність, встановлювати залежності між задачами, а також контролювати статус виконання. Для кожного завдання передбачено збереження такої інформації як опис самого завдання, відповідальна особа, терміни виконання та витрачений на виконання час.

Розробку програмного засобу здійснено в сучасному середовищі розробки на базі платформи .NET. Проект створювався у середовищі Microsoft Visual Studio із використанням C# та фреймворку WPF для побудови графічного інтерфейсу. Мова C# обрана як основна, оскільки це об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET, яка поєднує сучасні можливості розробки та добре підтримується Visual Studio. Технологія Windows Presentation Foundation (WPF) використовується для реалізації інтерфейсу користувача.

Для реалізації було обрано сукупність технологій Microsoft, що забезпечує високу надійність та масштабованість. Об'єктно-орієнтована мова C# використана для побудови бізнес-логіки. Платформа WPF разом із мовою розмітки XAML дозволили створити сучасний інтерфейс користувача з підтримкою патерну MVVM, що полегшує подальше тестування та підтримку коду. Для зберігання інформації використовується реляційна база даних, що забезпечує надійність, цілісність та швидкий доступ до даних.

На рис.1 представлена UML-діаграма прецедентів розробленої системи. Вона відображає основні сценарії взаємодії користувачів із системою. Наведена діаграма показує основні сценарії використання даного програмного рішення.

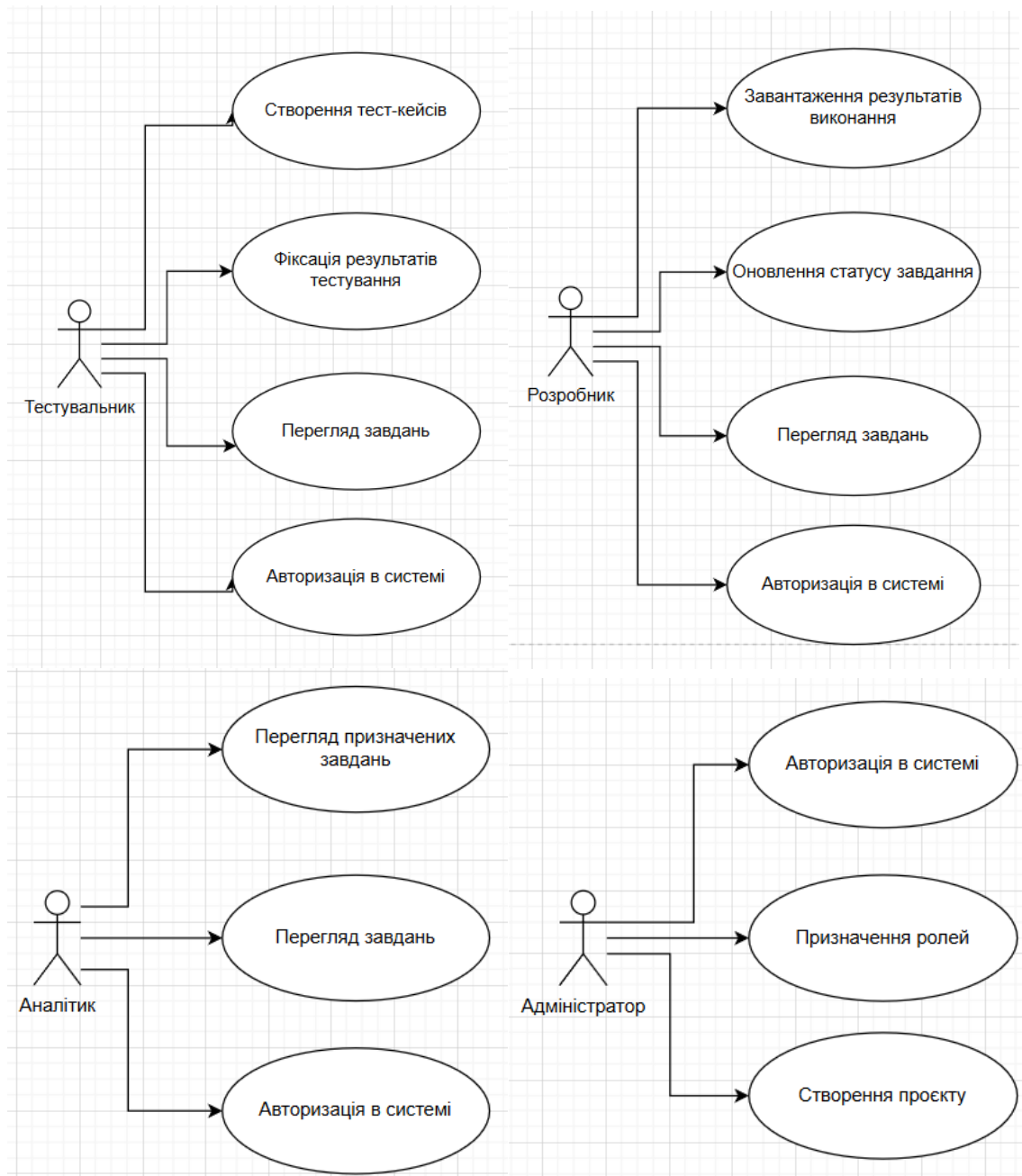


Рис.1. UML-діаграма прецедентів

Розробник взаємодіє із системою для виконання поставлених задач, оновлення їх статусу та взаємодії з іншими учасниками команди. Тестувальник використовує систему для створення тест-кейсів, виконання тестування та аналізу результатів. Бізнес-аналітик відповідає за документацію вимог і супровід розробки програмного забезпечення на всіх етапах розробки.

Використання розробленої системи дозволяє значно підвищити ефективність командної роботи, зменшити час на координацію процесів та



мінімізувати кількість помилок. Завдяки централізованому зберіганню інформації забезпечується прозорість процесів розробки та можливість швидкого доступу до необхідних даних.

Розроблений програмний продукт є універсальним рішенням, яке може бути використане в різних організаціях незалежно від їх масштабу та специфіки діяльності. Його впровадження дозволяє підвищити продуктивність роботи команди, покращити якість програмного забезпечення та забезпечити ефективне управління проектами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sommerville I. Software Engineering. — 10th ed. — Boston : Pearson, 2016. — 3-7 p. URL: <https://dn790001.ca.archive.org/0/items/bme-vik-konyvek/Software%20Engineering%20-%20Ian%20Sommerville.pdf> (date of access: 29.03.2026).
2. Sommerville I. Software Engineering. — 6th ed. — Pearson, 2001. 22–25 p. URL: https://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/INFORMA%C3%87%C3%95ES%20ADICIONAIS/Software-Engineering-6ed_%20Sommerville.pdf (date of access: 29.03.2026).
3. Microsoft Docs. Introduction to .NET. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/core/introduction> (date of access: 29.03.2026).
4. Meyer B. Object-Oriented Software Construction. — 2nd ed. — Prentice Hall, 1997. 58–65 p. URL: <https://archive.org/details/objectorientedso00meyer> (date of access: 29.03.2026).

УДК 004.91:004.4

*Богдан СЕРДЮК,
студент гр. БПЗ-22, факультет інженерії
та інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну*

*Ганна КОРОГОД,
кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій, Київський національний університет
технологій та дизайну*

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ GPS ТА ІОТ

У сучасних умовах стрімкого розвитку транспортної інфраструктури та логістичних систем особливої актуальності набуває питання ефективного



контролю та управління транспортними засобами. Використання технологій глобального позиціонування (GPS)[1] та Інтернет речей (IoT)[2] відкриває нові можливості для підвищення якості обслуговування. Таким чином, актуальність теми зумовлена зростаючою потребою у точному та оперативному моніторингу транспорту як у комерційній, так і в приватній сферах.

Метою даної роботи є розроблення системи відстеження транспорту з використання технологій GPS та IoT, яка забезпечує збір, передачу та аналіз даних про місцезнаходження транспортних засобів в режимі реального часу.

Для реалізації системи відстеження транспорту з використанням GPS та IoT було обрано клієнт-серверну архітектуру[3], що забезпечує розділення логіки обробки даних, їх зберігання та візуалізації. Такий підхід дозволяє гнучко модифікувати окремі компоненти системи без впливу на інші її частини. Зокрема, зміни у способі відображення даних не потребують змін у серверній логіці або структурі бази даних.

Технологічний стек розробки включає наступні компоненти:

1. Backend. Для реалізації серверної частини системи та створення REST API, яке забезпечує прийом і обробку геолокаційних даних, було обрано мову Python та фреймворк FastAPI.

2. Вбудована база даних SQLite, що використовується для збереження координат транспортних засобів та забезпечення швидкого доступу до них.

3. Frontend: Для створення користувацького інтерфейсу було обрано HTML5 та JavaScript, а також бібліотеку Leaflet для відображення інтерактивної карти та візуалізації переміщення об'єктів у реальному часі.

4. Компонент симуляції на основі Python-скрипт, який імітує роботу GPS-пристрою, генеруючи координати та надсилаючи їх на сервер через HTTP-запити.

Для візуалізації зв'язків архітектури вебсистеми була побудована діаграма класів (рис1). Діаграма класів відображає структуру програмної системи та демонструє взаємодію її основних компонентів. Система складається з трьох основних класів: *Vehicle*, *Location* та *API*. Клас *Vehicle* описує транспортний засіб та містить такі атрибути: ідентифікатор транспортного засобу (*id*) та назву або опис (*name*). Клас *Location* відповідає за зберігання геолокаційних даних і містить унікальний ідентифікатор (*id*), географічні координати: широту (*latitude*) та довготу (*longitude*). Між класами *Vehicle* та *Location* встановлено зв'язок типу «один до багатьох», що означає, що один транспортний засіб може мати багато записів про своє місцезнаходження. Клас *API* реалізує логіку взаємодії між клієнтською частиною та сервером. Він містить методи: *add_location()* для додавання нових координат у систему; та *get_locations()* для отримання останніх або збережених координат.

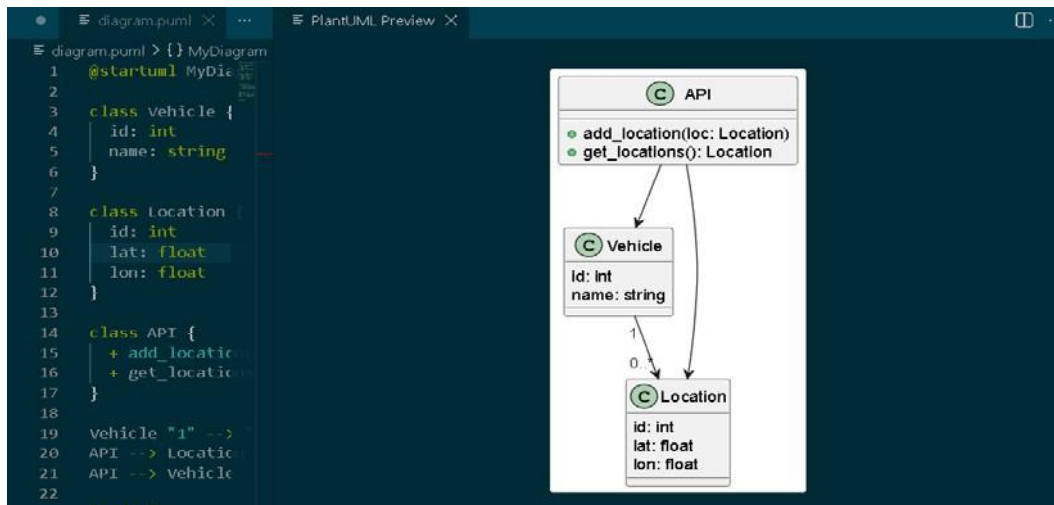


Рис.1 Діаграма класів системи відстеження транспорту

Таким чином, розроблена система забезпечує повний цикл обробки даних від їх генерації до відображення на карті, що відповідає вимогам до сучасних IoT-рішень у сфері моніторингу транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard. – Washington : U.S. Government Publishing Office, 2020. – 78 p.
- 2.Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A Survey // Computer Networks. – 2010. – Vol. 54, № 15. – P. 2787–2805.
- 3.Куроз Дж., Росс К. Комп'ютерні мережі: підхід «зверху вниз» / Дж. Куроз, К. Росс; пер. з англ. – Київ : Видавнича група ВНУ, 2019. – 864 с.

УДК 004.056

Марина СИДОРУК

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

Артем ВОРОБІЙОВ

студент 5 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти за

спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Херсонський національний технічний університет, Україна



ОСНОВНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ДАНИХ У ПРОТОКОЛАХ СТЕКУ ТСР/IP В УМОВАХ СУЧАСНИХ КІБЕРЗАГРОЗ

У сучасному інформаційному суспільстві питання захисту даних набуває особливої актуальності. Зокрема, стрімке зростання обсягів переданої інформації, активний розвиток хмарних технологій та подальша глобалізація мережевих сервісів закономірно призводять до підвищення рівня кіберзагроз [1; 3]. Основою функціонування більшості сучасних мереж залишається стек протоколів ТСР/IP, який, у свою чергу, забезпечує передачу даних у глобальній мережі Інтернет [2]. Саме тому питання безпеки в межах даного стеку протоколів потребує особливої уваги та комплексного підходу. Протоколи ТСР/IP розроблялися в умовах, коли питання інформаційної безпеки не були пріоритетними. Це зумовлює наявність певних вразливостей, які можуть бути використані зловмисниками з метою перехоплення, підміни або навіть знищення даних. У зв'язку з цим виникає об'єктивна необхідність застосування додаткових методів і засобів захисту, здатних компенсувати вбудовані недоліки базових протоколів.

Одним із ключових методів забезпечення безпеки є криптографічний захист даних. Зокрема, він передбачає використання сучасних алгоритмів шифрування для забезпечення конфіденційності інформації під час її передавання. Найбільш поширеними у цьому контексті є протоколи SSL/TLS, які широко застосовуються для захисту веб-трафіку [4], а також IPsec, що функціонує на мережевому рівні та забезпечує як шифрування, так і автентифікацію IP-пакетів [5]. Завдяки використанню криптографії дані стають недоступними для сторонніх осіб навіть у разі їх перехоплення, що суттєво знижує ризики компрометації інформації. Не менш важливим є механізм автентифікації та авторизації, який відіграє визначальну роль у контролі доступу до мережевих ресурсів. Автентифікація дозволяє підтвердити особу користувача або пристрою, тоді як авторизація визначає рівень доступу до інформаційних ресурсів. Використання сучасних підходів, зокрема багатофакторної автентифікації, дозволяє значно підвищити рівень захищеності мережі, мінімізуючи ризик несанкціонованого доступу. Важливим компонентом системи захисту є міжмережеві екрани (firewall), які здійснюють контроль мережевого трафіку відповідно до встановлених правил, вони дозволяють блокувати небажані або потенційно небезпечні з'єднання, запобігаючи проникненню загроз у мережу. Firewall можуть функціонувати як на рівні окремого пристрою, так і на рівні всієї мережевої інфраструктури, забезпечуючи багаторівневий захист.

Для своєчасного виявлення та запобігання атакам широко застосовуються системи IDS (Intrusion Detection Systems) та IPS (Intrusion Prevention Systems).



Дані системи здійснюють постійний аналіз мережевого трафіку, виявляють аномалії та сигналізують про потенційні загрози. сучасні рішення здатні не лише виявляти підозрілі дії, але й автоматично блокувати їх, що значно підвищує ефективність реагування на інциденти безпеки. Віртуальні приватні мережі (VPN) забезпечують створення захищених каналів зв'язку через публічні мережі. VPN широко використовуються для організації віддаленого доступу до корпоративних ресурсів і дозволяють гарантувати конфіденційність переданої інформації навіть у відкритому мережевому середовищі. Таким чином, використання VPN є невід'ємною складовою сучасних систем захисту даних.

Ефективний захист інформації передбачає впровадження організаційних заходів. До них належать розробка політик інформаційної безпеки, регулярне оновлення програмного забезпечення, резервне копіювання даних та систематичне навчання користувачів основам кібергігієни. Людський фактор досить часто виступає найслабшою ланкою у системі безпеки, а отже, підвищення обізнаності користувачів є критично важливим елементом загальної стратегії захисту. У сучасних умовах також набуває актуальності концепція «нульової довіри» (Zero Trust), яка передбачає перевірку кожного запиту незалежно від його джерела. Такий підхід, у свою чергу, дозволяє мінімізувати ризики несанкціонованого доступу до мережевих ресурсів і підвищує загальний рівень захищеності інформаційних систем. в умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та постійного ускладнення кіберзагроз особливого значення набуває питання адаптивності систем захисту даних. Сучасні мережеві інфраструктури повинні не лише відповідати актуальним стандартам безпеки, але й мати здатність до швидкого реагування на нові типи атак. У цьому контексті дедалі більшого поширення набувають інтелектуальні системи аналізу трафіку, які використовують методи машинного навчання для виявлення нетипової поведінки в мережі. Такі системи, з одного боку, дозволяють підвищити точність виявлення загроз, а з іншого - зменшити кількість хибних спрацьовувань, що є критично важливим для підтримки стабільної роботи мережевих сервісів. Інтеграція подібних технологій потребує значних обчислювальних ресурсів та належного рівня підготовки фахівців.

Не можна ігнорувати важливість стандартизації у сфері захисту даних у протоколах TCP/IP. Міжнародні організації розробляють рекомендації та протоколи, спрямовані на підвищення безпеки мережевих взаємодій, що, у свою чергу, сприяє уніфікації підходів до захисту інформації. У цьому аспекті доцільно відзначити, що впровадження таких стандартів дозволяє забезпечити сумісність різних систем і пристроїв, а також спрощує процес адміністрування мереж. Ефективність їх застосування значною мірою залежить від своєчасності оновлення та правильності налаштування відповідних механізмів захисту, у



практичній діяльності часто виникає проблема недооцінки потенційних ризиків, що може призводити до використання застарілих або вразливих конфігурацій. Окремо варто розглянути питання безпеки на каналному рівні, зокрема на рівні MAC-адрес. MAC-адреса є унікальним ідентифікатором мережевого інтерфейсу, що використовується для адресації в межах локальної мережі. Відсутність вбудованих механізмів захисту на цьому рівні створює передумови для реалізації таких атак, як MAC-spoofing або ARP-spoofing. У зв'язку з цим застосовуються додаткові засоби захисту, зокрема фільтрація MAC-адрес, прив'язка IP-адрес до конкретних MAC (DHCP snooping), а також технології динамічної інспекції ARP (Dynamic ARP Inspection). Більше того, використання протоколу IEEE 802.1X забезпечує контроль доступу до мережі на основі автентифікації пристроїв, що дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки на каналному рівні [2; 3].

Не менш важливим аспектом є забезпечення цілісності даних під час їх передачі мережею. Для цього широко застосовуються механізми хешування та цифрового підпису, які дозволяють перевірити, чи не були дані змінені в процесі передачі. Таким чином, навіть у разі перехоплення інформації зловмисник не зможе непомітно модифікувати її без порушення цілісності. Водночас необхідно враховувати, що надійність таких механізмів безпосередньо залежить від стійкості використовуваних алгоритмів до криптоаналізу, що, у свою чергу, зумовлює потребу у постійному оновленні криптографічних стандартів. Регулярний аналіз журналів подій, перевірка конфігурацій мережевих пристроїв та проведення тестувань на проникнення дозволяють своєчасно виявляти потенційні вразливості та усувати їх ще до моменту виникнення серйозних інцидентів. Більш того, систематичний аудит сприяє підвищенню загального рівня безпеки та формуванню культури відповідального ставлення до захисту інформації в організації.

Висновок: захист даних у протоколах стеку TCP/IP потребує комплексного підходу, який передбачає поєднання різноманітних технологічних і організаційних рішень. Лише інтеграція криптографічних методів, систем контролю доступу, засобів фільтрації трафіку, механізмів захисту на каналному рівні, інструментів моніторингу та підвищення рівня обізнаності користувачів дозволяє забезпечити належний рівень інформаційної безпеки. Забезпечення захисту даних у протоколах стеку TCP/IP є одним із ключових завдань у сучасному цифровому середовищі. Використання криптографічних методів, систем контролю доступу, міжмережевих екранів, засобів захисту на рівні MAC та систем виявлення вторгнень дозволяє суттєво знизити рівень кіберзагроз. Водночас ефективність захисту безпосередньо залежить від комплексності підходу, який має включати як технічні, так і організаційні заходи. Перспективи подальших досліджень у цій сфері пов'язані



з удосконаленням існуючих методів, а також із розробкою інноваційних підходів до забезпечення інформаційної безпеки в умовах постійно зростаючих викликів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Stallings W. Network Security Essentials: Applications and Standards. – Pearson, 2020.
2. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer Networks. – Pearson, 2021.
3. Kurose J., Ross K. Computer Networking: A Top-Down Approach. – Pearson, 2021.
4. RFC 8446. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3.
5. RFC 4301. Security Architecture for the Internet Protocol (IPsec).

УДК 004.912:004.853:519.226

*Владислава СКІДАН,
кандидат технічних наук, доцент, завідувачка кафедри
Київський національний університет технологій та дизайну
Владислав КРАСНОЩОК,
студент гр. БІІЗ-22 факультет
Інженерії та інформаційних технологій
Київський національний університет технологій та дизайну*

ПРОГРАМНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ДОКУМЕНТООБІГУ НА ОСНОВІ TF-IDF ТА COMPLEMENT NAIVE BAYES

У роботі представлено програмну систему DocFlow для автоматизованої кластеризації та класифікації україномовних ділових документів. Система реалізує конвеєр обробки на базі TF-IDF-векторизації, алгоритмів K-Means++ та ієрархічної кластеризації (метод Варда), а також класифікатора Complement Naive Bayes. Досягнуто точність класифікації 88,9–91,7 % у supervised-режимі та 75,6–83,3 % у unsupervised-режимі. Усі вісім вимог технічного завдання виконано, час обробки 48 документів становить 3,49 с.

Задача автоматизованої обробки текстових документів залишається актуальною вже кілька десятиліть, проте з переходом організацій на повністю цифровий документообіг вона набула нових практичних вимірів. За експертними оцінками, обробка документів досі займає від 30 до 70 % робочого часу менеджерів, незважаючи на наявність корпоративних систем управління



контентом. Провідні рішення — Microsoft SharePoint з надбудовою Syntex, OpenText Content Suite, IBM FileNet — або потребують витрат від десятків до сотень тисяч доларів на ліцензування, або не адаптовані до специфіки україномовного документообігу та недоступні для малого і середнього бізнесу. Відкриті бібліотеки машинного навчання, у свою чергу, не мають готового інтерфейсу та підтримки кириличної морфології, що вимагає суттєвих зусиль для їх практичного застосування.

Для ефективної роботи з діловою документацією система мала задовольняти такі вимоги: функціонувати на стандартному офісному обладнанні без GPU; підтримувати обидва режими навчання — з учителем та без; забезпечувати точність класифікації не нижче 85 %; читати PDF (зокрема скановані) та TXT файли; надавати веб-інтерфейс, доступний спеціалістам без навичок програмування.

Систему DocFlow реалізовано мовою програмування Python 3.11 відповідно до принципів модульного програмування та розподілу відповідальності (Separation of Concerns, SoC). Вона складається з дев'яти спеціалізованих модулів: `data_loader`, `pdf_reader`, `preprocessor`, `vectorizer`, `clustering`, `classifier`, `evaluator`, `visualizer` та головного модуля `app.py`, який виконує роль координатора.

Головний модуль оркеструє 11-кроковий конвеєр обробки документів та забезпечує збереження навчених моделей і стану сесії у глобальному словнику SESSION. Це дозволяє уникнути повторного перенавчання моделей між різними взаємодіями користувача з інтерфейсом та забезпечує швидке виконання операцій класифікації нових документів.

Вилучення тексту з PDF реалізовано ієрархічно: `pdfplumber` → `pypdf` → `pytesseract` (OCR для сканованих документів). Попередня обробка тексту включає нормалізацію кирилиці, видалення 80 стоп-слів українською мовою та власний алгоритм стемінгу на основі 34 суфіксів.

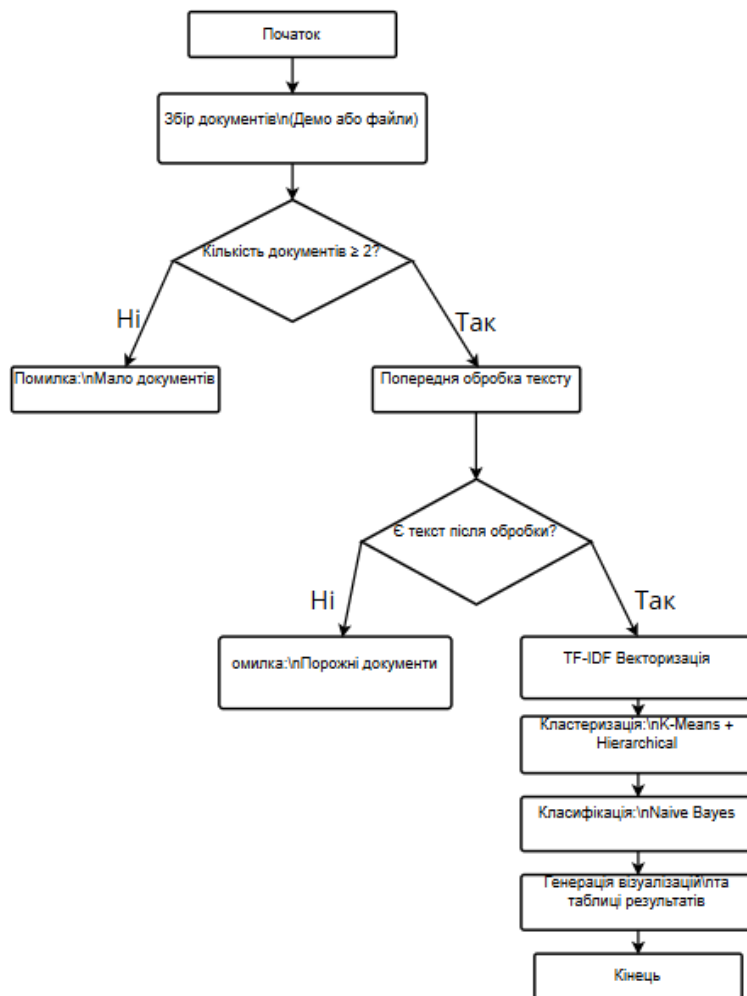


Рис. 1. Блок-схема конвеєру обробки документів у функції `run_analysis`

Векторизація виконується методом TF-IDF із субдинамічним масштабуванням (`sublinear_tf=True`), L2-нормалізацією та урахуванням уніграм і біграм (`ngram_range=(1,2)`). Оптимальне значення `max_features=500` визначено експериментально: збільшення до 1000 знижує Silhouette Score з 0,61 до 0,58 через появу шумових термів.

Кластеризація реалізована двома алгоритмами. K-Means++ із ініціалізацією центроїдів за ймовірнісним розподілом забезпечує лінійну масштабованість $O(nkt)$ та автоматичний підбір оптимального k методом ліктя і коефіцієнтом силуету. Агломеративна ієрархічна кластеризація за методом Варда формує дендрограму для аналізу тематичної структури. Порівняльний аналіз показав, що K-Means++ та Ward-кластеризація демонструють зіставний Silhouette Score (0,61 та 0,59 відповідно на демо-корпусі), проте K-Means++ обробляє 500 документів у 4 рази швидше (1,24 с проти 5,12 с).



Класифікація базується на Complement Naive Bayes (CNB) — модифікації MultinomialNB, яка оцінює параметри кожного класу через документи всіх інших класів. Це забезпечує стійкість до незбалансованих наборів даних і перевагу над MultinomialNB на 3–8 % за F1-макро. Підтримуються supervised-режим (навчання на реальних мітках) та unsupervised-режим (псевдо-мітки від K-Means, концепція self-training).

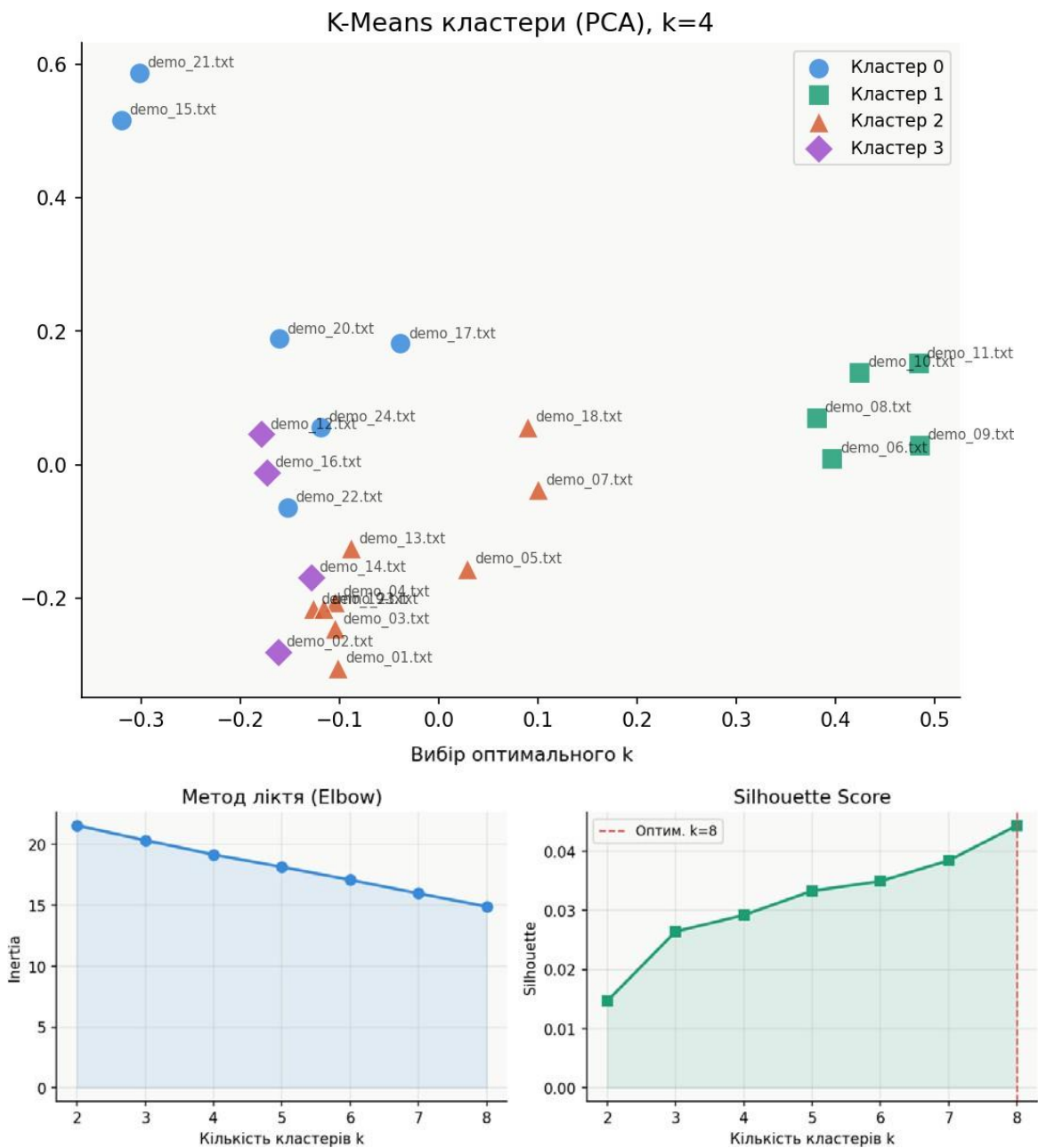


Рис. 2. Графіки результатів



Система протестована на чотирьох корпусах: демо-корпус (24 документи, 4 категорії), малий реальний (48 документів PDF), середній (120 документів, 6 категорій) та нерівноважний (80 документів, співвідношення класів 40:20:12:8). Модульне тестування охопило 99 тест-кейсів із покриттям коду 87,3 %; усі пройдено успішно. Вісім сценаріїв стійкості до некоректних вхідних даних не виявили аварійних збоїв.

Точність класифікатора CNB у supervised-режимі становить $91,7\% \pm 4,2\%$ на демо-корпусі та $88,9\% \pm 5,7\%$ на малому реальному корпусі, що перевищує вимогу ТЗ у 85 % на 3,9 відсоткових пункти. В unsupervised-режимі точність становить 75,6–83,3 %, що майже утричі перевищує показник випадкового вгадування (25 % для чотирьох класів). Час обробки 48 документів — 3,49 с, що у 8,6 разів менше встановленого ліміту 30 с.

Веб-інтерфейс реалізовано на базі Gradio з трьома функціональними вкладками: аналіз корпусу, класифікація окремого документа та довідка. Система надає шість типів інтерактивних візуалізацій: PCA-проекцію кластерів, графік методу ліктя із Silhouette Score, дендрограму ієрархічної кластеризації, матрицю помилок класифікатора, діаграму розподілу кластерів та гістограму топ-20 термів TF-IDF. Застосунок розгортається локально або на сервері без додаткового налаштування.

Розроблено програмну систему DocFlow, яка автоматизує кластеризацію та класифікацію україномовних ділових документів. Усі вісім вимог технічного завдання виконано. Система готова до розгортання як у локальному середовищі, так і на сервері. Перспективами подальшого розвитку є інтеграція Ukrainian BERT для підвищення точності класифікації коротких документів, впровадження алгоритму BIRCH для масштабування на корпуси понад 1000 документів та попередня обробка зображень через OpenCV перед OCR-розпізнаванням.

Ключові слова: електронний документообіг, кластеризація, TF-IDF, K-Means, Complement Naive Bayes, Gradio, Python.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2825–2830.
2. Rennie J. D. M. et al. Tackling the Poor Assumptions of Naive Bayes Text Classifiers. *Proceedings of ICML 2003*. P. 616–623.
3. Salton G., Buckley C. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. *Information Processing & Management*. 1988. Vol. 24, № 5. P. 513–523.



4. Arthur D., Vassilvitskii S. k-means++: The Advantages of Careful Seeding. Proceedings of SODA 2007. P. 1027–1035.

5. Abid A. et al. Gradio: Hassle-Free Sharing and Testing of ML Models in the Wild. arXiv:1906.02569. 2019.

УДК 336.132.11:336.5]:004.9

***Анастасія СОЛОДІЛОВА,**
здобувач другого рівня вищої освіти,
Оксана СОРІНА,
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту та адміністрування,
Національний університет «Запорізька політехніка»*

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПУБЛІЧНИХ ФІНАНСІВ: ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ E-DATA ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ ВИКОРИСТАННЯ БЮДЖЕТНИХ КОШТІВ

Стрімкий розвиток цифрових технологій суттєво вплинув на всі сфери життя суспільства видозмінивши не лише світогляд людей, але й підходи до формування й використання бюджетних коштів. На сьогодні в Україні відомо багато цифрових платформ, які дозволяють забезпечити прозорість тендерних процедур та підзвітність використання бюджетних коштів тим самим знизити корупційні ризики (ProZorro, E-data, «Прозорий бюджет» і т.д.) [1].

Наповненість цифровими компонентами державної структури на перший погляд в повній мірі враховує всі питання по технічній частині проте ряд проблем все одно відображається в цій системі. Наприклад якщо об'єднати всі системи, то їх поєднують такі виразні недоліки як: обмежена доступність цифрової інфраструктури для віддалених районів; низький рівень цифрової грамотності як працівників бюджетної сфери так і користувачів послугами; кібербезпека та захист даних підривають прозорість та відкритий доступ до статистики для користувачів, а з іншого боку наражають на небезпеку витік інформації з доступних джерел для корисливих цілей; недостатнє фінансування інноваційної діяльності.

У сенсі питання цифровізації публічних фінансів присутнє і неефективне використання коштів, що маскується під недоцільним застосуванням публічних коштів та необґрунтованим завищенням цін. Наприклад, будівництво школи в селищі Балабине Запорізької області, що знаходить за 30 кілометрів від лінії фронту[3]. Планування встановлення відеоспостереження у Запоріжжі в громадських місцях: Придніпровському парку, в сквері імені Олександра



Бірюка, в сквері по вулиці Бочарова. Загальна вартість проєкту становить 1,3 млн грн, за 35 камер[4].

Отже, окрім вдосконалення платформ, що являють собою доступний майданчик інформації щодо публічних коштів варто звернути увагу саме на контроль за доцільністю та використанням державних та місцевих бюджетних коштів, адже від цього напряду залежать такі складові як державний борг, корупція.

Таблиця 1.1
Показники бюджету на 2025 рік та початок 2026 р[8].

Показник и бюджету	Загальний фонд		Спеціальний фонд	
	2025	2026	2025	2026
Доходи	128166,4	242037,4	155058,4	61807,9
видатки	214126,6	243796,5	139652,4	42466,1

Загалом аналізуючи доходи та витрати бюджету на 2025 – 2026 роки можна сказати, що дохід перевищує лише у спеціальному фонді, а щодо загального -навіпаки. Все це приводить до збільшення податкового тягаря, що лягає на населення, а отже і негативно впливає на майбутні покоління.

Тож для того, щоб визначити доцільність вкладення коштів в проєкт варто при виборі найоптимальнішого варіанту враховувати такі критерії оцінки проєкту:

- прибутковість (дозволяє визначити рентабельність проєкту);
- віддача капіталу (відношення прибутку до вартості інвестицій);
- чистий дисконтований дохід (враховує часову вартість грошей та ризику проєкту) і т.д.[5].

Значним здобутком для України в змісті цифровізації можна вважати платформу **E-data**. Її впровадження сприяло тому, що у рейтингу зрілості відкритих даних серед європейських країн Україна посіла третє місце [3].

Зараз це офіційний державний інформаційний ресурс, що представляє собою відкриту систему даних та інструмент громадського контролю за плануванням і використанням публічних коштів. Платформа являє собою три ключові портали відкритих даних: Spending.gov.ua, Proifi.gov.ua, Openbudget.gov.ua та інші модулі для відстеження та аналізу публічних фінансів [2]. Вона має практичне значення як в державних структурах як Національний банк України, так і в регіональних установах, наприклад ЦНАП Запорізької області.

За період свого існування (2015-2025) E-data досягла не лише вітчизняного, але і міжнародного визнання (табл. 1.1.) [6].



Таблиця 1.2

Здобутки платформи E-data за період 2015-2025 року

Вітчизняне визнання	Міжнародне визнання
262 млн записів про трансакції	54 місце у світовому рейтингу Global Open Data Index серед 122 країн.
102 млн доступних документів	3 місце в рейтингу розвитку відкритих даних Open Data Maturity (ODM) – 97%
Кількість користувачьких сесій порталу збільшилась загалом на 2,34 млн	

У 2026 р результати функціонування порталу **E-data наступні:**

- 194 міжнародних проєкта ;
- 38874 розпорядників та одержувачів;
- 1933 місцевих бюджетів;
- 272 млн трансакцій;
- 107млн документів [7].

Однак, E-дата має як свої переваги, так і недоліки, що сформувалися за 10 років існування:

-переваги: доступність даних, широкий функціонал, збільшення контролю.

-недоліки: якість даних, складність аналізу для непрофесіоналів, потенційні прогалини в законодавстві.

В перспективних планах планується покращення роботи платформи за рахунок реалізації таких напрямів:

- застосування AI-аналітики з метою автоматичного виявлення ризиків та аномалій;
- запуск нових аналітичних інструментів;
- розширення співпраці з іншими державними порталами;
- створення зручних мобільних рішень для громадян [6].

В цілому можна сказати, що цифровізація публічних коштів на прикладі E-дата, демонструє значну ефективність від задіяних ресурсів, приносячи користь тим самим не лише платформі, але й спільноті, яка використовує її для власних потреб.

Проте аналізуючи існуючі корупційні махінації можна сказати, що з боку держави не вистачає контролю, адже окрім того, що більше інформації стало доступно для громадськості, як і раніше частина приховується або прикривається захмарними сумами в бюджетах.

Тож платформа e-дата повинна стати більш доступною для широкого кола користувачів за рахунок запропонованих заходів, а також приділити увагу аналізу та самому використанню коштів, щоб користувачі бачили не лише сухі



цифри, а дослідження. Від цього буде більше користі і в суспільстві, і державі, адже це значно скоротить витрати бюджету, тим самим зменшить державний борг, який є вагомим для України через її військові дії та з фінансами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Піхоцька О.М., Процик О.С. Цифрова трансформація системи публічних фінансів як чинник підвищення фінансової прозорості держави. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. Випуск 46. URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/1772-Article%20Text-2615-1-1020251024%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/1772-Article%20Text-2615-1-1020251024%20(1).pdf)
2. Іванова О., Сидоренко О., Скабардін О., Проценко А. Цифровізація державного фінансового контролю сфери публічних закупівель в Україні. *Збірник наукових праць Державного податкового університету*. 2025. Випуск 1. URL: <https://journals.dpu.kyiv.ua/index.php/collectioneconomy/article/view/595/577>
3. Левенцова А. SODA. У парку та скверах Запоріжжя з'являться нові камери відеоспостереження. URL: <https://tvmtm.online/u-zaporizkomu-rajoni-vidkryly-pershу-pidzemnu-shkolu/>
4. Муніципальні телеканал міста Запоріжжя. Місцеві новини. 2025. URL: <https://www.soda.zp.ua/special-projects/u-parku-ta-skverakh-zaporizhzhia-ziavliatsia-novi-kamery-videosposterezhennia/>
5. Мисяк І.М., Діжак В.В., Степась М.В. Оцінка ефективності реальних інвестиційних проєктів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2023. Випуск 37. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/858/780>
6. Міністерство фінансів України. *Gov.ua*. 10 років Є-data: цифрова прозорість, що змінила країну. 2025. URL: <https://mof.gov.ua/uk/news/10-rokiv-iedata-tsifrova-prozorist-shcho-zminila-krainu-5322>
7. Є-дата. *Gov.ua*. URL: <https://edata.gov.ua/>
8. Open budget. *Gov.ua*. URL: <https://openbudget.gov.ua/about-portal>

УДК 004.42; 004:67

Богдан СОРОКА,
студент гр. БІП2-22, факультет інженерії
та інформаційних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну



Тетяна ДЕМКІВСЬКА,
кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій, Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ І ВІЗУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ КОЛЕКЦІЙ ОДЯГУ

Процес проектування колекцій одягу в сучасній fashion-індустрії вимагає не лише творчого підходу, а й чіткої систематизації візуальних та технічних даних. Ефективне планування майбутньої лінійки виробів є запорукою комерційного успіху бренду, оскільки дозволяє збалансувати асортимент за кольорами, силуетами та матеріалами ще на етапі ескізування. Проте, значна частина дизайнерів-початківців та невеликих ательє стикаються з проблемою хаотичного накопичення референсів та відсутністю єдиного цифрового простору для візуалізації структури колекції [1].

Аналіз наявного програмного забезпечення показав, що професійні PLM-системи (Product Lifecycle Management) є високовартісними та складними в опануванні для індивідуальних користувачів. Водночас прості графічні редактори не забезпечують необхідної логіки зв'язків між елементами гардероба. Таким чином, розробка спеціалізованого інтерактивного застосунку для візуального планування колекцій, що поєднує функції мудборду та структурованого каталогу, є актуальним завданням [2].

Головною перевагою розробленого програмного рішення є можливість створення ієрархічної структури колекції (сезон, капсула, одиниця виробу) з візуальним відображенням цілісності лінійки. Застосунок дозволяє завантажувати ескізи, призначати колірні палітри та здійснювати логічну перевірку наявності базових та акцентних моделей у складі колекції. Також передбачено функціонал для формування технічних карток виробів, що значно спрощує подальшу комунікацію з виробництвом.

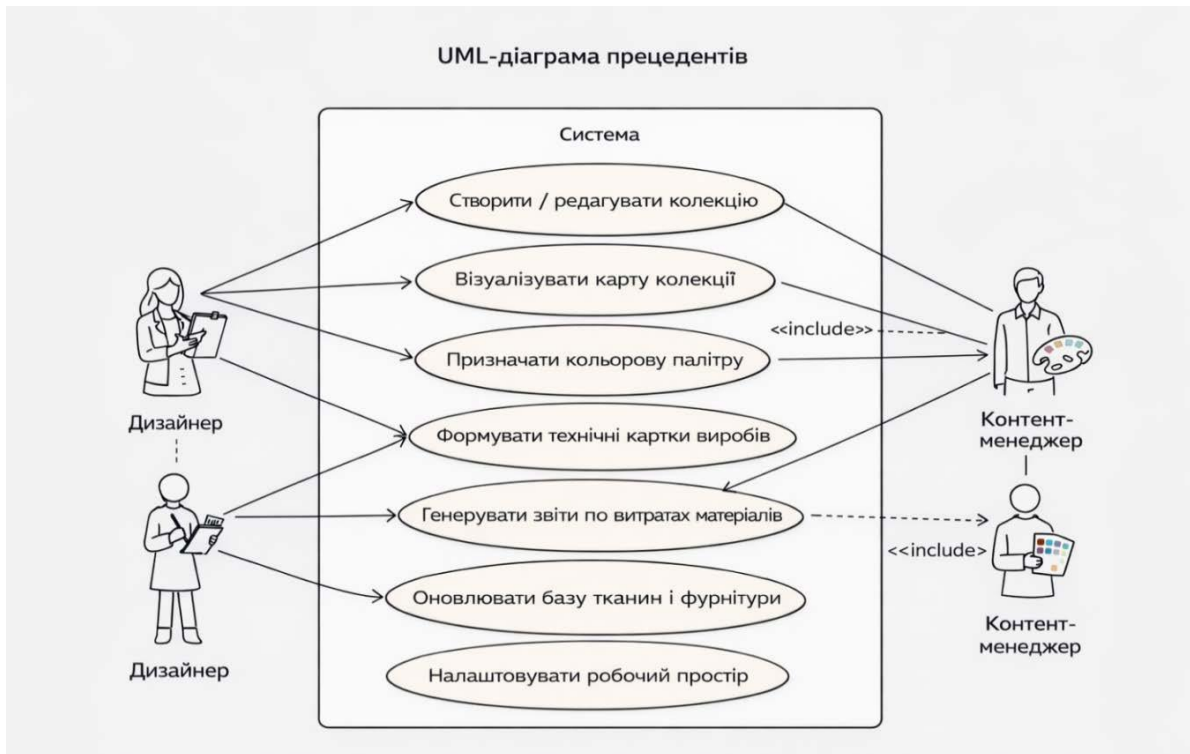


Рис. 1 UML-діаграма прецедентів, яка описує взаємодію основних акторів із системою

Система передбачає ролі Дизайнера (створення та редагування колекцій) та Контент-менеджера (оновлення бази тканин та фурнітури). Основними сценаріями є формування візуальної карти колекції, генерація звітів по витратах матеріалів та налаштування персонального робочого простору.

Технологічний стек розробки базується на рішеннях Microsoft. Для реалізації логіки та обробки великих масивів візуальних даних обрано мову C# та технологію LINQ. Графічний інтерфейс побудовано на базі WPF (Windows Presentation Foundation) з використанням XAML, що дозволяє реалізувати гнучку систему drag-and-drop для візуального планування виробів на полотні. Як сховище даних використано SQLite, що забезпечує автономність застосунку, а проектування інтерфейсу виконано у середовищі Figma.

Особливу увагу при розробці приділено механізмам фільтрації та сортування елементів колекції за різними атрибутами, такими як тип тканини, кольорова гама чи ступінь готовності ескізу. Завдяки використанню технології LINQ забезпечується висока швидкість виконання запитів до бази даних, що критично важливо при роботі з графічною інформацією. Архітектурний патерн MVVM [3] дозволяє відокремити бізнес-логіку застосунку від візуального представлення, що спрощує подальше масштабування системи. Реалізація



адаптивного інтерфейсу за допомогою XAML гарантує коректне відображення робочих панелей на моніторах з різною роздільною здатністю.

Створений програмний продукт дозволяє дизайнерам оптимізувати етап передпродакшну, зменшити кількість помилок при формуванні асортиментної матриці та візуалізувати фінальний результат ще до пошиття перших зразків. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та можливість кастомізації робочого середовища роблять застосунок доступним для широкого кола фахівців творчих індустрій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Струмінська Т. В., Остапенко Н. В., Колосніченко М. В. Інноваційні підходи до проектування гардероба із застосуванням інформаційних технологій. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2022. № 3. С. 45–54.

2. Коо Н. S. Visual Merchandising and Fashion Planning in Digital Age. *Journal of Fashion Design*. 2021. Vol. 15, no. 2. P. 88–95. URL: <https://doi.org/10.1108/JFD2021>

3. MVC, MVP, and MVVM: Simple in Appearance, Powerful in Practice – Leapcell. URL: <https://leapcell.medium.com/mvc-mvp-and-mvvm> (date of access: 23.03.2026).

УДК 004.9

Максим СОЦЕНКО

студент спеціальності F6 «Інформаційні системи і технології»

Марина КАРАМУШКА

к.т.н., доцент

кафедри інформатики і комп'ютерних наук

Херсонський національний технічний університет

GOOGLE APPS SCRIPT У GOOGLE ТАБЛИЦЯХ ЯК ДОСТУПНИЙ ІНСТРУМЕНТ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІЗНЕС- ТА ОСВІТНІХ ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

Сучасний етап цифрової трансформації України вимагає від підприємств, закладів освіти та органів влади швидкого впровадження ефективних і доступних інструментів автоматизації [1]. Умови воєнного часу та підготовка до післявоєнного відновлення роблять особливо актуальним пошук рішень, які дозволяють суттєво скоротити рутинну роботу, зменшити кількість помилок і підвищити загальну продуктивність без значних фінансових витрат.



Одним із найперспективніших і доступних цифрових рішень у цьому напрямку є Google Apps Script — вбудована мова сценаріїв платформи Google Workspace, яка працює безпосередньо в Google Таблицях [2]. Цей інструмент дає можливість створювати потужні автоматизації без потреби у дорогому програмному забезпеченні, окремому сервері чи великій команді розробників. Для його використання достатньо базових знань JavaScript, що робить його доступним для широкого кола користувачів.

Google Apps Script відкриває широкі можливості інтеграції даних завдяки роботі з API різних сервісів. Наприклад, інтернет-магазин, який працює з кількома маркетплейсами, може автоматично отримувати нові замовлення через API і переносити їх безпосередньо в Google Таблицю. До такої таблиці можна підключити Telegram-бота, який одразу надсилатиме повідомлення менеджеру про нове замовлення. Завдяки цьому менеджер не мусить постійно перевіряти кілька сайтів, перемикатися між ними та чекати оновлень. Натомість йому приходить зручне повідомлення в Telegram із ключовою інформацією, після чого він може швидко переглянути завдання в таблиці та взяти його в роботу.

Крім автоматизації надходження даних, Google Apps Script дозволяє створювати складні розрахункові механізми безпосередньо в таблицях. За допомогою скриптів можна автоматично підраховувати вартість замовлень, витрати на доставку, комісії маркетплейсів, маржу, заробітну плату працівників або будь-які інші показники [3].

Важливою перевагою є те, що всі скрипти працюють на надійних хмарних серверах Google. Це забезпечує високу стабільність роботи, автоматичне резервне копіювання даних і вбудовану систему безпеки, яка включає сучасні механізми захисту інформації. Завдяки цьому користувачі не повинні турбуватися про підтримку серверної інфраструктури, оновлення системи захисту чи ризику втрати даних, що особливо критично в умовах воєнних загроз і нестабільної енергетичної ситуації в Україні.

Такі рішення дозволяють малому та середньому бізнесу відмовитися від використання готових, але часто дорогих CRM-систем. Автоматизація на базі Google Apps Script значно знижує операційні витрати, оскільки не вимагає щомісячної абонентської плати. Зекономлені кошти можна спрямувати на підвищення заробітної плати працівникам або на прискорення розвитку компанії.

У сфері освіти Google Apps Script також демонструє високу ефективність. Він дозволяє автоматизувати процеси обліку студентів, обробку результатів тестів, генерацію індивідуальних сертифікатів, розсилку навчальних матеріалів та контроль виконання завдань [4].



Серед ключових переваг Google Apps Script варто виділити його повну хмарну природу, що особливо важливо в умовах нестабільного електропостачання та воєнних ризиків. Інструмент не залежить від локальної інфраструктури, працює з будь-якого пристрою і має відносно низький поріг входження. Водночас він має певні технічні обмеження, такі як квоти на час виконання скриптів і кількість операцій. Для роботи з дуже великими обсягами даних рекомендується комбінувати його з іншими технологіями.

Таким чином, Google Apps Script у Google Таблицях є потужним, гнучким і економічно вигідним цифровим рішенням, яке відповідає сучасним викликам інформаційних технологій в Україні. Його використання сприяє швидкій цифровізації бізнес-процесів і освітньої діяльності, підвищує операційну ефективність організацій і дозволяє оптимально використовувати наявні ресурси.

Подальше дослідження практичних кейсів застосування Google Apps Script, розробка готових шаблонів автоматизації для типових українських бізнес- і освітніх процесів, а також поширення цих знань серед фахівців сприятимуть формуванню стійкої науково-інноваційної екосистеми та прискоренню цифрової трансформації України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мілютін О. О. Цифрова трансформація України: стан та тенденції розвитку станом на кінець 2025 року // Grail of Science. – 2025. – № 12. URL: https://www.researchgate.net/publication/399590314_CIFROVA_TRANSFORMACI_A_UKRAINI_STAN_TA_TENDENCIJ_ROZVITKU_STANOM_NA_KINEC_2025_ROKU
2. Google Apps Script. Офіційна документація розробників Google, 2026. URL: <https://developers.google.com/apps-script>
3. Автоматизація бізнес-процесів за допомогою Google Sheets та Google Apps Script / С. Степанов. – LinkedIn, 2025. URL: <https://ua.linkedin.com/pulse/automating-business-processes-google-sheets-practical-sergei-stepanov-vaftf>
4. Васенко О. В. Автоматизація аналізу даних у наукових дослідженнях майбутніх фахівців освітньої галузі на платформі Google Apps Script // Професійна освіта: методологія, теорія та технології. – 2023. – Т. 9. – № 2. URL: <https://profedu.com.ua/uk/journals/tom-9-2-2023/avtomatizatsiya-analizu-danikh-u-naukovikh-doslidzhennyakh-maybutnikh-fakhivtsiv-osvitnoyi-galuzi-na-platformi-google-apps-script>



УДК 004

Микола СТЕЦЮК,
аспірант,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна
Раїса ЗАХАРЧЕНКО,
к.т.н., доцент,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна
Леонід ЗАХАРЧЕНКО,
викладач,
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОЗПОДІЛЕНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГЕТЕРОГЕННИМИ АНСАМБЛЯМИ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Вступ

Сучасний етап розвитку інфраструктури України характеризується необхідністю одночасного вирішення задач відновлення, модернізації та забезпечення сталого функціонування складних технічних систем в умовах обмежених ресурсів і підвищених ризиків. За таких умов особливого значення набуває впровадження інтелектуальних інформаційних технологій, здатних забезпечити підвищення ефективності управління, автоматизацію процесів та оперативне реагування на зміни середовища.

Одним із перспективних напрямів є використання безпілотних апаратів для виконання задач моніторингу, інспекції, картографування та аналізу стану об'єктів інфраструктури [3]. Безпілотні системи дозволяють зменшити ризики для людини, підвищити точність збору даних та забезпечити доступ до важкодоступних або небезпечних територій. Водночас ефективність застосування окремих безпілотних апаратів є обмеженою у випадку складних задач, що потребують координації, масштабованості та обробки значних обсягів інформації.

У зв'язку з цим актуальним є перехід до використання гетерогенних ансамблів безпілотних апаратів, які функціонують як мультиагентні системи [2]. У таких системах кожен апарат розглядається як автономний агент, здатний до локального прийняття рішень, тоді як загальна поведінка системи формується на основі кооперативної взаємодії між агентами. Це дозволяє забезпечити паралельне виконання задач, підвищити адаптивність до змін середовища та забезпечити відмовостійкість системи.



Метою дослідження є формування підходів до побудови моделей і методів розподіленого управління гетерогенними ансамблями безпілотних апаратів. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення комплексу взаємопов'язаних задач, серед яких: аналіз сучасних підходів до управління мультиагентними системами; дослідження моделей координації та взаємодії агентів; формування методів розподілу задач між агентами з урахуванням обмежень ресурсів; забезпечення адаптивності системи до динамічних умов функціонування.

Об'єктом дослідження є процеси управління ансамблями безпілотних апаратів, предметом - моделі та методи розподіленого управління такими системами. У дослідженні застосовуються методи мультиагентних систем, алгоритми розподіленого прийняття рішень, методи оптимізації, а також методи штучного інтелекту, зокрема підкріплювального навчання, що дозволяють забезпечити адаптивну поведінку агентів у змінних умовах [1].

Виклад матеріалу

У межах дослідження розглядається концептуальний підхід до побудови інтелектуальної розподіленої системи управління, що базується на поєднанні моделей мультиагентної взаємодії, механізмів обміну інформацією між агентами та методів адаптивного розподілу задач. Кожен агент функціонує в умовах часткової інформації про стан середовища та інших агентів, що зумовлює необхідність розробки ефективних механізмів координації та узгодження дій.

Формалізовано задачу управління гетерогенним ансамблем безпілотних апаратів. Нехай ансамбль безпілотних агентів задається множиною $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, де кожен агент a_i характеризується вектором параметрів $p_i = \langle c_i, r_i, s_i \rangle$, де c_i - набір функціональних можливостей агента, r_i - доступний ресурс, s_i - поточний стан агента. Множина задач визначається як $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$, де кожна задача t_j описується кортежем $q_j = \langle d_j, u_j, \tau_j \rangle$, де d_j - вимоги до виконання задачі, u_j - її пріоритет, τ_j - допустимий час виконання.

Задачу розподіленого управління подано як відображення $F: A \times T \times E \rightarrow D$, де E - множина станів середовища, D - множина керуючих рішень щодо розподілу задач між агентами. Результатом є матриця розподілу $X = [x_{ij}]$, де $x_{ij} \in \{0,1\}$, причому $x_{ij} = 1$, якщо задача t_j призначена агенту a_i , і $x_{ij} = 0$ - інакше. Ціль управління полягає у максимізації функціонала ефективності:

$$\max J(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} w_{ij}$$



де w_{ij} - оцінка доцільності призначення задачі t_j агенту a_i з урахуванням можливостей агента, доступних ресурсів та умов середовища. Запропонована формалізація створює основу для подальшого дослідження алгоритмів координації та адаптивного розподілу задач у мультиагентному середовищі [5].

Важливим аспектом є інтеграція методів штучного інтелекту, зокрема методів комп'ютерного зору для аналізу даних із сенсорів та алгоритмів навчання для адаптації поведінки агентів. Це дозволяє підвищити якість прийняття рішень і ефективність виконання задач у складних умовах.

Наукова новизна дослідження полягає у формуванні підходу до побудови розподілених систем управління гетерогенними ансамблями безпілотних апаратів, що передбачає інтеграцію мультиагентних моделей, методів розподілу задач і інтелектуальних алгоритмів адаптації в єдину узгоджену систему управління, орієнтовану на функціонування в динамічних і невизначених середовищах.

Практичне значення дослідження полягає у визначенні можливостей застосування таких систем для вирішення широкого спектра прикладних задач. У сфері відновлення інфраструктури такі системи можуть використовуватися для інспекції об'єктів енергетики, моніторингу транспортних мереж, оцінки стану пошкоджених територій та підтримки процесів планування відновлювальних робіт [3]. У аграрному секторі застосування ансамблів безпілотних апаратів дозволяє реалізувати підходи точного землеробства, підвищити ефективність використання ресурсів і зменшити витрати [4].

Висновки

Таким чином, дослідження інтелектуальних розподілених систем управління гетерогенними ансамблями безпілотних апаратів спрямоване на формування теоретичних і прикладних засад створення ефективних кооперативних систем, здатних забезпечити вирішення складних задач у різних галузях економіки та сприяти цифровій трансформації інфраструктури України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nguyen H., Nguyen N. T., Nahavandi S. Deep Reinforcement Learning for Multi-Agent Systems: A Review of Challenges and Applications // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems. – 2020. – Vol. 50, No. 10. – P. 3826–3840.
2. Li X., Savkin A. V. Networked Multi-UAV Systems for Surveillance and Monitoring: A Review of Recent Advances // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 123–145.



3. Khan A., Noreen U., Habib Z. UAV-Based Infrastructure Inspection: Recent Applications and Challenges // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12, No. 2. – P. 414–425.

4. Zhang C., Kovacs J. M. The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture: A Review // Precision Agriculture. – 2021. – Vol. 22. – P. 1–26.

5. Luo C., Miao Y., Wang X. Distributed Task Allocation for Multi-UAV Systems in Dynamic Environments // IEEE Internet of Things Journal. – 2022. – Vol. 9, No. 14. – P. 12100–12112.

УДК 338.24:35.072:004

Едуард ТЕЛЬЧАРОВ,
аспірант, кафедри менеджменту,
Національний університет “Запорізька політехніка”
Владислав КОРОЛЬКОВ,
кандидат економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту,
Національний університет “Запорізька політехніка”

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ОБ’ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Анотація. У тезі досліджено роль інноваційних технологій у формуванні стратегії сталого розвитку об’єднаних територіальних громад. Обґрунтовано необхідність інтеграції цифрових рішень у систему стратегічного управління, визначено ключові виклики цифрової трансформації громад та запропоновано практичні інструменти їх подолання. Розглянуто економічні, соціальні та управлінські аспекти впровадження інноваційних технологій у діяльність органів місцевого самоврядування.

Ключові слова: сталий розвиток, територіальна громада, цифровізація, стратегічне управління, інноваційні технології, Smart City, електронне урядування.

Abstract. The thesis examines the role of innovative technologies in shaping the strategy of sustainable development of united territorial communities. The necessity of integrating digital solutions into the strategic management system is substantiated, key challenges of the digital transformation of communities are identified, and practical tools for overcoming them are proposed. Economic, social,



and managerial aspects of implementing innovative technologies in the activities of local self-government bodies are considered.

Keywords: *sustainable development, territorial community, digitalization, strategic management, innovative technologies, Smart City, e-government.*

Сучасні умови економічного відновлення України зумовлюють необхідність переосмислення підходів до стратегічного розвитку об'єднаних територіальних громад. Децентралізаційні процеси посилили роль місцевого самоврядування у формуванні економічної політики територій, що актуалізує питання ефективного використання інноваційних технологій. Цифрова трансформація стає одним із ключових факторів підвищення конкурентоспроможності громад, забезпечення прозорості управління та залучення інвестиційних ресурсів.

Сталий розвиток об'єднаних територіальних громад передбачає збалансоване поєднання економічних, соціальних та екологічних складових. Водночас саме цифрові технології створюють можливості для інтеграції цих компонентів у єдину систему стратегічного управління. Використання цифрових платформ, автоматизованих систем аналізу даних та електронних сервісів дозволяє оптимізувати управлінські процеси та підвищити ефективність використання ресурсів.

Стратегія сталого розвитку об'єднаної територіальної громади розглядається як комплексний документ довгострокового планування, що визначає пріоритети економічного зростання, соціального розвитку та екологічної безпеки. У сучасних умовах формування такої стратегії неможливе без застосування інструментів стратегічного менеджменту та цифрових технологій [1, 2].

Застосування SWOT-аналізу дозволяє оцінити внутрішній потенціал громади, визначити сильні та слабкі сторони, а також можливості й загрози зовнішнього середовища. Використання PEST-аналізу дає змогу систематизувати політичні, економічні, соціальні та технологічні фактори розвитку. Водночас цифрові аналітичні платформи значно підвищують точність прогнозування та якість стратегічного планування.

Важливим елементом стратегічного управління є впровадження системи ключових показників ефективності, що дозволяє оцінювати результати реалізації стратегії. Використання цифрових панелей моніторингу забезпечує оперативний контроль за виконанням стратегічних цілей та підвищує прозорість діяльності органів місцевого самоврядування [3].

Серед основних викликів цифрової трансформації об'єднаних територіальних громад можна виділити обмежені фінансові ресурси, недостатній рівень цифрової компетентності персоналу, нерівномірний



розвиток цифрової інфраструктури та низький рівень цифрової залученості населення. Крім того, важливим фактором є необхідність забезпечення кібербезпеки та захисту персональних даних.

Подолання зазначених викликів потребує формування комплексної політики цифрового розвитку громади. Вона повинна передбачати підвищення цифрової грамотності працівників органів місцевого самоврядування, розвиток електронних сервісів для населення та модернізацію технічної інфраструктури. Важливим напрямом є також залучення міжнародної технічної допомоги та грантових програм для фінансування цифрових проєктів.

Впровадження електронного урядування є одним із ключових інструментів цифрової трансформації громад. Електронні адміністративні послуги забезпечують зручність взаємодії громадян із органами влади, скорочують часові витрати та зменшують рівень бюрократії. Використання систем електронного документообігу підвищує ефективність управлінських процесів та сприяє оптимізації роботи органів місцевого самоврядування [4].

Важливим напрямом є використання концепції Smart City, яка передбачає інтеграцію інформаційних технологій у сферу управління інфраструктурою, транспортом, енергетикою та житлово-комунальним господарством. Застосування цифрових сенсорних систем дозволяє оптимізувати використання ресурсів та підвищити якість надання послуг населенню [5].

Цифрові платформи громадської участі сприяють розвитку електронної демократії та підвищують рівень довіри до місцевої влади. Онлайн-опитування, електронні петиції та бюджети участі забезпечують активне залучення населення до процесу прийняття управлінських рішень. Це сприяє формуванню соціальної згуртованості та підвищує ефективність реалізації стратегічних програм.

Використання цифрових технологій відкриває нові можливості для стимулювання підприємницької активності. Створення цифрових платформ підтримки бізнесу сприяє розвитку малого та середнього підприємництва. Онлайн-каталоги інвестиційних проєктів дозволяють залучати потенційних інвесторів та підвищувати інвестиційну привабливість території.

Розробка цифрового інвестиційного паспорта громади забезпечує систематизацію інформації про ресурсний потенціал, інфраструктуру та пріоритетні напрями розвитку. Використання геоінформаційних систем дозволяє здійснювати просторове планування території та оптимізувати розміщення об'єктів інфраструктури. Важливим інструментом є впровадження відкритих даних, що забезпечує прозорість управління та сприяє розвитку інноваційних сервісів. Доступ до інформації про бюджет, земельні ресурси та комунальне майно створює передумови для ефективного використання ресурсів громади [6].



Висновки. Інноваційні технології відіграють ключову роль у формуванні стратегії сталого розвитку об'єднаних територіальних громад. Цифровізація управління сприяє підвищенню ефективності діяльності органів місцевого самоврядування, покращує якість надання адміністративних послуг та забезпечує прозорість управлінських процесів. Інтеграція цифрових рішень у стратегічне планування дозволяє підвищити конкурентоспроможність громад та створити передумови для їх економічного зростання.

Комплексне впровадження інноваційних технологій, розвиток цифрової інфраструктури та активне залучення громадян до управлінських процесів забезпечують формування ефективної стратегії сталого розвитку об'єднаних територіальних громад в умовах економічного відновлення та цифрової трансформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козак К. Б., Ніколюк О. В., Мироненко Б. В. Сталий розвиток об'єднаних територіальних громад: адаптивні інструменти управління персоналом. Наукові записки Інституту законодавства Верховної Ради України. 2021. №. 1. С. 92-104.
2. Корольков В., Тельчаров Е. Концептуальні основи стратегічного планування розвитку об'єднаних територіальних громад: теоретико-методологічний аналіз та практичні імплікації. Економічний простір. 2025. №. 203. С. 121-127.
3. Назарчук Т. В., Тюріна Н. М., Бакай А. О. Формування стратегічно-орієнтованої системи управління на засадах ключових показників ефективності. Development Service Industry Management. 2024. № 3. С. 101–107.
4. Крамський С. О., Дарушин О. В., Захарченко О. В. Еволюція електронного урядування сталого розвитку послуг у вимірі турбулентності. Київський економічний науковий журнал. 2025. №. 9. С. 143-148.
5. Андрієнко А. Упровадження концепції «Smart City» в управління великими містами України: монографія. Publishing house «UKRLOGOS Group». 2024. С. 196-196.
6. Ткачук А. В. Формування системи державного регулювання релокації бізнесу як інструменту залучення інвестицій на регіональному рівні : дис. Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2025. 227 с.



УДК 658.012.2:004.8

Василь ТИМКОВИЧ

Аспірант, старший викладач

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

м. Київ, Україна

Павло ЗУБ

кандидат технічних наук, компанія HOTKEY

м. Херсон, Україна

ДОСВІД ПОБУДОВИ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕСОМ ОНЛАЙН ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ШІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ SIMBIOZ EMS

Цифровізація управління підприємствами є одним із визначальних трендів сучасного менеджменту. Організації, що прагнуть до конкурентоспроможності, стикаються з трьома системними викликами: залежністю від носіїв знань ($Bus\ Factor > 1$), відсутністю єдиної цифрової архітектури, що узгоджує стратегічний та операційний рівні, та неможливістю здійснювати ефективне дистанційне управління без цифрового двійника підприємства. Подолання цих обмежень потребує не точкових автоматизацій, а системного впровадження корпоративної архітектури із вбудованим ШІ-шаром.

У цих тезах узагальнено досвід розробки та впровадження системи Symbioz EMS — комплексного рішення для дистанційного управління бізнесом, побудованого на засадах корпоративної архітектури та інструментів штучного інтелекту.

Архітектурна основа системи Symbioz EMS

В основу Symbioz EMS покладено трирівневу архітектурну рамку підприємства, яка поєднує три взаємозв'язані рівні управління:

– функціональний рівень — чіткий перелік та розмежування функцій підрозділів;

– процесний рівень — міжфункціональні процеси з описом ЦІО (Центральних Інформаційних Об'єктів);

– архітектурний рівень — потоки цінності, що охоплюють увесь ланцюг від запиту до результату.

Ключовим методологічним інструментом є поняття ЦІО — документа або об'єкта даних, що є головним результатом або ініціатором функції чи процесу. ЦІО слугує критерієм чіткого розмежування функцій бізнесу від процесів та



забезпечує трасованість управлінських рішень по всьому ланцюгу створення цінності.

Функціональний каталог Simbioz EMS охоплює 97 функцій у 7 підрозділах: Продажі та CRM, Фінанси та облік, Операційне управління, HR та розвиток персоналу, Маркетинг та комунікації, Логістика та постачання, Стратегія та архітектура бізнесу. До базового переліку з 76 функцій додано 21 нову функцію відповідно до міжнародних класифікаторів APQC PCF, ITIL 4, ISO 9001:2015 та принципів Exponential Organizations.

П'ятикомпонентна матрична модель підрозділу

Для моделювання кожного підрозділу запроваджено п'ятикомпонентну матрицю, що включає:

- Ресурси — людські, матеріальні та інформаційні активи;
- Функції бізнесу — стабільна відповідальність підрозділу за ЦЗП (цінний завершений продукт);
- Процеси — міжфункціональні потоки, що перетинають кілька зон відповідальності;
- Цифрові об'єкти — документи, записи, стани ЦІО в цифровій системі;
- КРІ — кількісні показники результативності кожної функції та процесу.

Матрична модель є основою для проектування ШІ-агентів: кожний з п'яти компонентів відповідає певному типу агента. Ресурсний агент оптимізує завантаження ресурсів; функціональний агент виконує або асистує при виконанні конкретної функції; процесний агент координує міжфункціональні взаємодії; агент цифрових об'єктів управляє станами документів та даних; агент КРІ здійснює моніторинг і прогнозування показників. Така типологія забезпечує системне охоплення всіх аспектів діяльності підрозділу.

Метод каскадного розгортання системи управління

Практична реалізація Simbioz EMS здійснюється за методом каскадного розгортання — поетапного переходу від загального до конкретного:

- рівень підприємства — визначення місії, стратегії та ключових потоків цінності;
- рівень потоків цінності — декомпозиція на міжфункціональні процеси;
- рівень підрозділів — побудова функціональних каталогів та матриць;
- рівень матриць і функцій/процесів — деталізація завдань та КРІ з подальшим підключенням ШІ-агентів.

Такий підхід унеможливорює хаотичну автоматизацію окремих функцій і гарантує узгодженість ШІ-рішень зі стратегічними цілями організації. Ефект від системної автоматизації перевищує точкові рішення у 4–5 разів завдяки синергії між рівнями управління.

Практичні результати впровадження



Апробація Simbioz EMS у реальних умовах холдингу Simbioz дала змогу отримати такі результати:

- 71% функцій охоплено ШІ-автоматизацією: 30% — повна автоматизація, 41% — часткова підтримка агентами;
- зростання продуктивності праці на 20–30% (McKinsey, 2024) завдяки передачі рутинних операцій агентам штучного інтелекту;
- ефект системної автоматизації у 4–5 разів перевищує ефект від впровадження точкових ШІ-інструментів;
- досягнення Bus Factor = 0 — система управління функціонує незалежно від присутності конкретних співробітників завдяки повній цифровізації знань і процесів.

Bus Factor (показник організаційної стійкості) визначає кількість співробітників, відсутність яких критично зупиняє роботу організації. Традиційні підприємства мають Bus Factor $\geq 2-3$ для більшості ключових процесів. Впровадження Simbioz EMS із повною цифровізацією знань та ШІ-агентами зводить цей показник до нуля, що є принципово новою якістю дистанційного управління.

Висновки

Запропонований підхід до побудови дистанційної системи управління бізнесом демонструє, що ефективна цифровізація потребує не лише технологічних інструментів, а насамперед якісно описаної корпоративної архітектури. Трирівнева модель (функції → процеси → потоки цінності) у поєднанні з п'ятикомпонентною матрицею підрозділу та типологією ШІ-агентів формує цілісну методологічну основу для побудови цифрового двійника підприємства.

Simbioz EMS є практичним прикладом реалізації концепції «розумного підприємства», де ШІ не замінює людину, а системно підсилює кожен управлінську функцію. Метод каскадного розгортання забезпечує масштабованість рішення та його відтворюваність для організацій різних галузей і розмірів.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою моделі зрілості дистанційного управління підприємством, що включає п'ять рівнів: від операційної автоматизації до предиктивного самоуправління на основі ШІ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal. 1987. Vol. 26, No. 3. P. 276–292.
2. The Open Group. TOGAF Standard, Version 9.2. Van Haren Publishing, 2018. 692 p.



3. Business Architecture Guild. BIZBOK® Guide. Version 12.0. 2023.

4. APQC Process Classification Framework (PCF). Version 7.3.1. Houston: APQC, 2023.

5. McKinsey & Company. The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. 2024. URL: <https://www.mckinsey.com>.

6. Ismail S., Malone M. S., van Geest Y. Exponential Organizations 2.0. Diversion Books, 2023. 368 p.

7. ISO 9001:2015. Quality management systems — Requirements. Geneva: ISO, 2015.

УДК 004:004.89

Ігор ТРУБАЧОВ,
підприємець, NIP 7292768609 - Польща, м. Лодзь
Ліна БОГДАНОВА,
к.т.н., доцент
Донбаська державна машинобудівна академія,
м. Краматорськ - Тернопіль

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПОВТОРЮВАНІЙ ДИЛЕМІ В'ЯЗНЯ

Одним із найбільш перспективних напрямів сучасного моделювання прийняття рішень є застосування штучного інтелекту у задачах стратегічної поведінки агентів у багаторазових іграх. Однією з найбільш актуальних моделей таких взаємодій є повторювана дилема в'язня яка демонструє конфлікт між індивідуальною вигодою та спільним благом. При багаторазовому повторенні цієї гри агенти отримують можливість аналізувати дії суперників та адаптувати власну поведінку, що робить її ідеальним полігоном для досліджень.

Модель дилеми в'язня полягає в тому, що два агенти одночасно роблять вибір між співпрацею та зрадою. Найвищу сумарну винагороду отримують обидва у разі взаємної співпраці, однак кожен із них має стимул до зради заради більшої особистої миттєвої вигоди. У багаторазовому форматі гра дозволяє виявити стратегії, здатні підтримувати довгострокову кооперацію або домінувати над опонентом. Як зазначає Аксельрод, стратегія «око за око», яка була простою у реалізації, виявилась ефективною на перших турнірах [1]. Саме ця гра стала основою для широкого класу симуляцій, що моделюють соціальні, економічні та поведінкові системи.

У таких симуляціях традиційно використовуються статичні стратегії, які не змінюються протягом гри, наприклад, «завжди співпрацюй», «завжди



зраджуй», «випадкова стратегія». Їх перевага полягає в простоті, проте вони не здатні адаптуватися до нових умов чи виявляти шаблони в поведінці суперника. Це є критичним обмеженням, адже зі збільшенням кількості раундів кількість можливих комбінацій взаємодій між двома агентами стрімко зростає і простий перебір варіантів стає математично непридатним. У таких умовах адаптивні стратегії, що базуються на принципах навчання з підкріпленням, значно перевершують статичні підходи, дозволяючи агенту коригувати свою поведінку на основі досвіду та накопиченої статистики [2, 3].

Метою дослідження є створення програмно-методичного комплексу, який дозволяє проводити симуляції турнірів між агентом з ШІ та набором ботів із фіксованими стратегіями, збирати дані про їхню поведінку, здійснювати статистичний аналіз, класифікувати суперників за стилем гри та навчати агента адаптивної політики з метою досягнення максимального виграшу.

Сутність експерименту полягає у порівнянні статичних алгоритмічних стратегій, поведінка яких визначається фіксованими правилами, з динамічною адаптивною моделлю ШІ-агента, яка формує рішення на основі історії взаємодій, очікуваних майбутніх винагород та накопиченого досвіду. Локальні приклади з обмеженою кількістю раундів використовуються для ілюстрації механізмів прийняття рішень, однак не є підставою для узагальнених висновків щодо ефективності.

Для отримання репрезентативних результатів програмний комплекс виконує серії повномасштабних турнірів тривалістю 200 раундів, у яких беруть участь 20 різних алгоритмічних стратегій, а також додаткові тестові стратегії, що не залучаються до процесу навчання ШІ-агента. Такий підхід дозволяє відокремити ефект перенавчання від реальної здатності агента до узагальнення.

Таким чином, визначено критерії й методики оцінки ефективності інтелектуального агента: час навчання, швидкість збіжності політики, кількість отриманих очок у турнірі, здатність адаптуватися до різних типів стратегій суперників, точність розпізнавання стратегічних паттернів.

Проведено тестування роботи розробленої моделі навчання з підкріпленням з метою перевірки точності оновленої політики, визначення помилок, нестабільних сценаріїв та потенційних проблем поведінки агента при різних типах суперників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Axelrod, R. The Evolution of Cooperation. New York: Basic Books, 2006. 264 p. ISBN 978-0465005640. URL: <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780465005642/the-evolution-of-cooperation>



2. Sutton, R. S., Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2018. 552 p. URL: <http://incompleteideas.net/book/RLbook2020.pdf>

3. Kolyubin, S. A. “Multi-agent systems: modeling and control.” *Procedia Computer Science*, 2020, 169, 647–653. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.192>

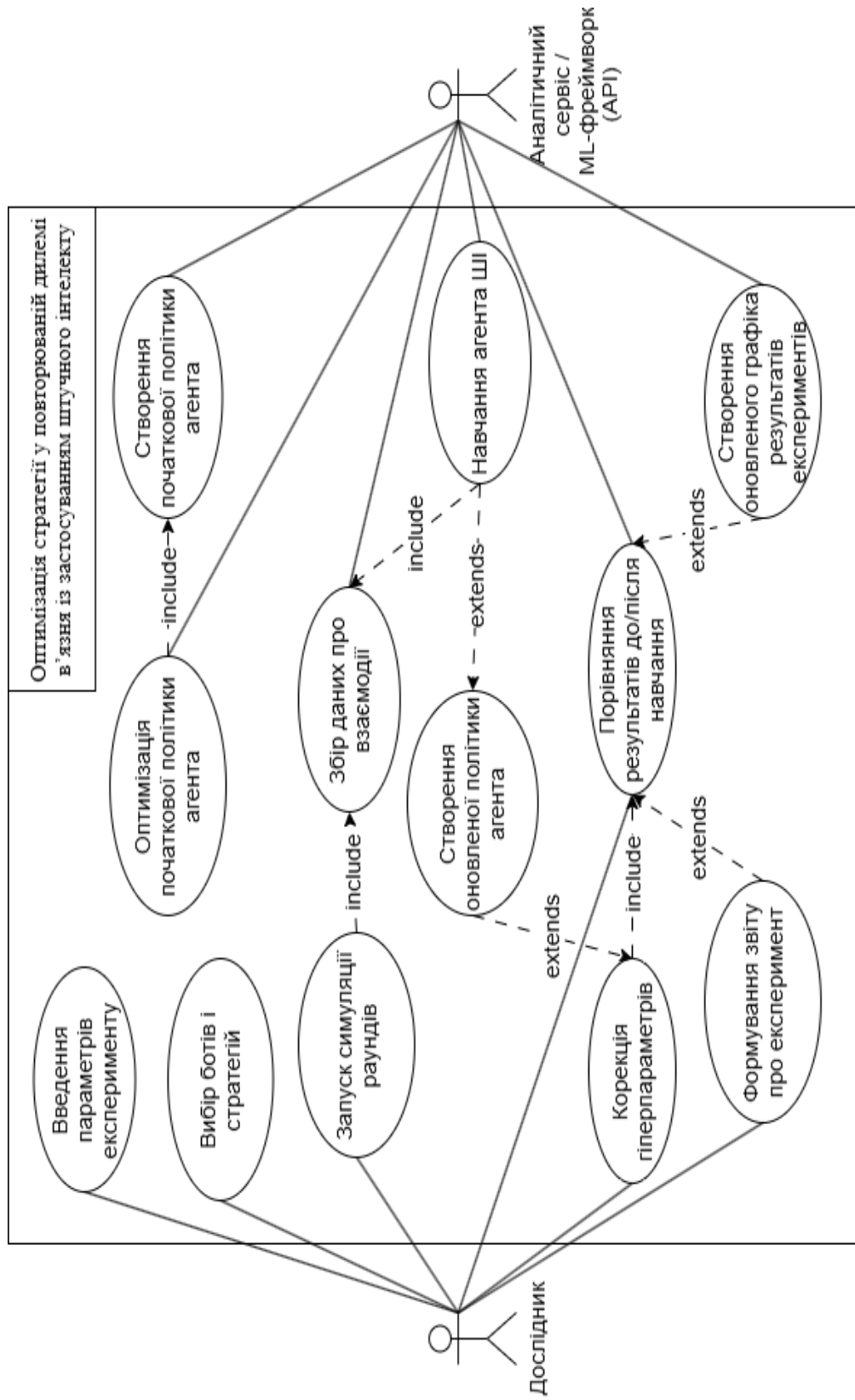


Рис. 1 – Діаграма прецедентів програмної платформи оптимізації стратегії у повторюваній дилемі в'язня із застосуванням штучного інтелекту



УДК 004.42:004.9:004.5

Олена УЧЕНЬ

студентка гр. БІП 3-22

*Київський національний університет технологій та дизайну
м. Київ*

Владислава СКІДАН

кандидат технічних наук, доцент,

*завідувач кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну
м. Київ*

Олена МИТЕЛЬСЬКА

кандидат технічних наук,

*доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних технологій,
Київський національний університет технологій та дизайну
м. Київ*

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЙМІФІКОВАНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАЛУЧЕНОСТІ КОРИСТУВАЧІВ ДО БЛАГОДІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Поєднання гейміфікованих підходів із соціально значущими цілями є актуальним напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій. В умовах воєнного стану в Україні значна кількість притулків для тварин зазнала суттєвого скорочення фінансування та зменшення обсягів волонтерської підтримки [1]. Водночас результати наукових досліджень свідчать про високу ефективність гейміфікації як інструменту підвищення залученості користувачів до благодійної діяльності [2-3]. Використання ігрових елементів, зокрема систем досягнень, індикаторів прогресу та механізмів винагород, сприяє формуванню стійких поведінкових патернів і регулярної взаємодії з цифровими платформами [4].

На перетині зазначених підходів запропоновано концепцію програмного продукту HarryDog – десктопного застосунку, в якому процес догляду за віртуальним домашнім улюбленцем інтегровано з механізмами реальної фінансової підтримки українських притулків для тварин.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю формування ефективних механізмів залучення користувачів до систематичної благодійної діяльності. Більшість існуючих благодійних платформ характеризуються епізодичністю взаємодії, коли користувач здійснює одноразову пожертву без



подальшого зворотного зв'язку, що знижує ймовірність повторних донатів. У контексті зростання потреб притулків та обмеженості ресурсів проблема трансформації разових проявів співчуття у стабільну підтримку набуває особливої значущості. Запропонований підхід, що передбачає інтеграцію донатів у ігровий процес, розглядається як перспективний інструмент підвищення рівня залученості користувачів.

Десктопний ігровий застосунок-симулятор HarryDog розроблено для операційної системи Windows із використанням технологій WPF, платформи .NET Framework 4.7.2, мови програмування C#, XAML та призначено для реалізації механік догляду за віртуальним персонажем із інтеграцією систем благодійних пожертв.

Функціональна модель застосунку передбачає взаємодію користувача з двома віртуальними персонажами (собака та кіт), між якими можливе перемикання без втрати накопиченого прогресу. Кожен персонаж має індивідуальні параметри стану, зокрема рівень настрою та часові характеристики. Основу ігрового процесу становлять дії догляду (гра, годування, прогулянка), які впливають на показник настрою (рис.1) та витрачають ігрову валюту.

Рівень настрою реалізовано у вигляді шкали (0–100) та візуалізовано за допомогою індикатора прогресу, що безпосередньо корелює з візуальним станом персонажа (негативний, нейтральний, позитивний). Додатково передбачено використання анімаційних елементів, що відображають результати взаємодії користувача з ігровим середовищем.

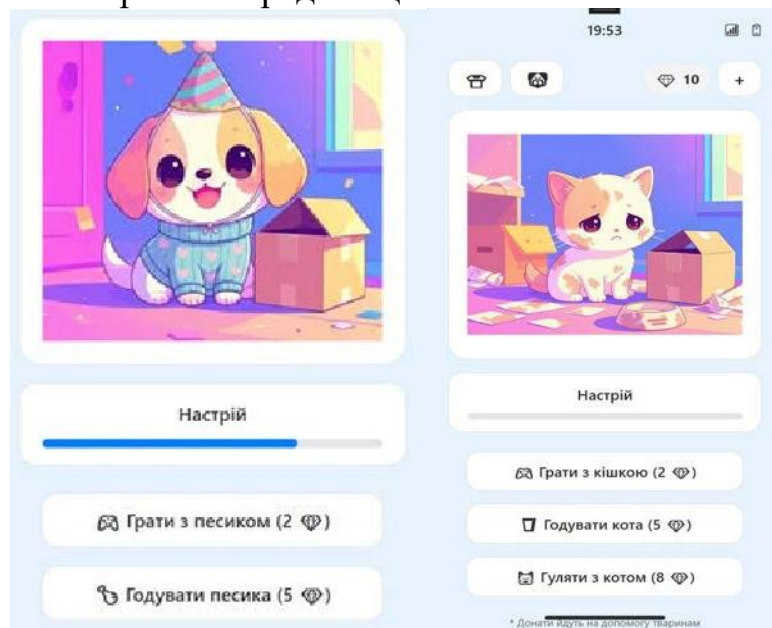


Рисунок 1 – Рівень настрою персонажів



З метою стимулювання регулярної активності реалізовано механізм поступового зниження рівня настрою з використанням таймерів. У разі тривалої відсутності взаємодії відбувається прискорена деградація стану персонажа, що формує додаткову мотивацію до повернення користувача в застосунок. Реалізація здійснена із використанням механізму DispatcherTimer, що забезпечує ефективне використання ресурсів системи.

Ігрова економіка базується на використанні внутрішньої валюти (діаманти), яка витрачається на виконання дій та придбання елементів віртуального гардеробу. Доступ до функцій кастомізації обмежується рівнем настрою персонажа, що стимулює підтримання його позитивного стану.

Ключовим компонентом застосунку є інтегрована система благодійних пожертв, яка забезпечує взаємозв'язок між ігровим прогресом та реальними донатами. Користувачу надається доступ до переліку українських притулків із можливістю переходу до відповідних платіжних сервісів. Після здійснення пожертви користувач отримує внутрішню ігрову винагороду, що формує мотивацію до повторної участі у благодійній діяльності.

Технічна реалізація застосунку включає використання платформи Windows Desktop (WPF), механізмів локального збереження стану (Properties.Settings), оптимізованих таймерів та графічних ресурсів. Застосунок характеризується автономністю роботи (за винятком функцій донату), помірними системними вимогами та орієнтацією на користувацький досвід.

Таким чином, розроблений програмний продукт є прикладом ефективної інтеграції гейміфікованих підходів у сферу благодійності. Запропонована модель дозволяє подолати обмеження традиційних платформ за рахунок забезпечення зворотного зв'язку та підвищення рівня залученості користувачів. Практична значущість роботи полягає у можливості використання подібних рішень для підтримки соціально важливих ініціатив, зокрема в умовах кризових ситуацій.

Перспективи подальших досліджень включають удосконалення механізмів верифікації пожертв шляхом інтеграції з API платіжних систем та розширення функціональності застосунку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко О. О., Паламарчук Є. А. Моделі гейміфікації в системах управління навчанням: монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 85 с. – URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/766>
2. Golrang A., Safari H. Applying Gamification Design to a Donation-Based Crowdfunding Platform for Improving User Engagement // Computers in Human



Behavior Reports. – 2021. – Vol. 3. – Article 100058. – URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/computers-in-human-behavior-reports>

3. Gong X., Ye S. Not just the game: The impact of structural gamification on charitable donation // Acta Psychologica. – 2025. – Vol. 260. – Article 105521. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105521>

4. Wu Y., Xiao L., Hu Z., Liu N., Feng N. Gamified giving: Contingent effects of leaderboard rankings on donation behavior in online medical crowdfunding // Decision Support Systems. – 2025. – Vol. 196. – Article 114505. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016792362500106X>

УДК 004.7

Андрій ХОДАКОВСЬКИЙ

студент спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

Марина КАРАМУШКА

к.т.н., доцент

кафедри інформатики і комп'ютерних наук

Херсонський національний технічний університет

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БІЗНЕСІ: ПЕРЕВАГИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Цифрова трансформація бізнесу є однією з ключових тенденцій сучасної економіки. Серед технологій, що забезпечують цю трансформацію, хмарні обчислення (cloud computing) займають особливе місце завдяки здатності надавати гнучкий доступ до обчислювальних ресурсів, платформ та програмного забезпечення через мережу Інтернет. За даними аналітичної компанії Gartner, світовий ринок публічних хмарних послуг у 2024 році перевищив 679 млрд доларів США, а прогнозоване зростання до 2027 року складатиме понад 20 % щорічно [1].

Актуальність теми зумовлена тим, що хмарні технології стали невід'ємною частиною інфраструктури підприємств різного масштабу — від стартапів до транснаціональних корпорацій. Для українського бізнесу, який функціонує в умовах воєнного стану, хмарні рішення набувають особливого значення, оскільки дозволяють забезпечити безперервність діяльності, віддалену роботу та збереження критично важливих даних поза межами фізичної інфраструктури.

Мета дослідження — систематизувати переваги та виклики впровадження хмарних технологій у бізнес-процеси, проаналізувати основні моделі хмарних



послуг (IaaS, PaaS, SaaS) та визначити перспективи використання хмарних рішень для українських підприємств.

1. Сутність та моделі хмарних обчислень. Хмарні обчислення — це модель надання ІТ-ресурсів (серверів, сховищ даних, баз даних, мережевих компонентів, програмного забезпечення) через Інтернет за принципом «на вимогу» (on-demand). Національний інститут стандартів і технологій США (NIST) визначає три основні моделі обслуговування [2]:

– IaaS (Infrastructure as a Service) — надання віртуальної інфраструктури: серверів, мереж, систем зберігання даних. Прикладами є Amazon Web Services (AWS) EC2, Microsoft Azure Virtual Machines, Google Compute Engine;

– PaaS (Platform as a Service) — надання платформи для розробки, тестування та розгортання програмних додатків без необхідності управління базовою інфраструктурою. Прикладами є Google App Engine, Azure App Service, Heroku;

– SaaS (Software as a Service) — надання готового програмного забезпечення через браузер або API. Прикладами є Google Workspace, Microsoft 365, Salesforce, Slack.

Кожна з моделей має свою сферу застосування залежно від потреб бізнесу, рівня технічної компетенції та бюджету підприємства.

2. Переваги хмарних технологій для бізнесу. Впровадження хмарних рішень надає підприємствам низку суттєвих переваг:

– зниження капітальних витрат: компанії не потребують придбання та обслуговування власних серверів, що дозволяє перевести ІТ-витрати з моделі CAPEX у модель OPEX;

– масштабованість: хмарні ресурси можна динамічно збільшувати або зменшувати залежно від поточного навантаження, що особливо важливо для сезонного бізнесу та стартапів;

– забезпечення віддаленої роботи: хмарні сервіси доступні з будь-якої точки світу, що дозволяє організувати розподілені команди та гнучкий графік роботи;

– швидкість розгортання: нові сервіси та додатки можуть бути запущені за лічені хвилини, що прискорює вихід продуктів на ринок (time-to-market);

– автоматичне резервне копіювання та відновлення даних, що підвищує рівень відмовостійкості бізнес-процесів [3].

За даними McKinsey, компанії, які активно використовують хмарні технології, демонструють на 20–30 % вищу операційну ефективність порівняно з конкурентами, що покладаються виключно на локальну інфраструктуру [4].

3. Виклики та ризики впровадження хмарних технологій. Попри очевидні переваги, перехід до хмарних рішень пов'язаний із низкою викликів:



– безпека даних: розміщення конфіденційної інформації на серверах третіх осіб створює ризики несанкціонованого доступу, витоку даних та кібератак. Це питання є особливо гострим для фінансового та медичного секторів;

– залежність від провайдера (vendor lock-in): використання специфічних сервісів одного хмарного провайдера ускладнює міграцію до іншого постачальника, що може призвести до зростання витрат та зниження гнучкості;

– складність міграції: перенесення існуючих систем та баз даних у хмару вимагає значних часових та фінансових ресурсів, а також кваліфікованого персоналу;

– залежність від якості інтернет-з'єднання: нестабільний або повільний доступ до мережі може суттєво знизити ефективність роботи з хмарними сервісами;

– питання відповідності нормативним вимогам: зберігання персональних даних у хмарі має відповідати вимогам законодавства про захист персональних даних, зокрема Закону України «Про захист персональних даних» [5].

4. Хмарні технології в умовах воєнного стану в Україні. Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну у 2022 році суттєво вплинуло на ІТ-інфраструктуру українських підприємств. Фізичне знищення серверних приміщень, перебої з електропостачанням та масова релокація бізнесу зробили хмарні технології не просто зручним, а критично необхідним інструментом.

Багато українських компаній здійснили екстрену міграцію даних та сервісів у хмару протягом перших місяців війни. Міністерство цифрової трансформації України активно сприяло цьому процесу, зокрема через програми цифровізації та партнерство з міжнародними хмарними провайдерами. AWS, Microsoft Azure та Google Cloud надали українським компаніям та державним установам безкоштовні або пільгові хмарні ресурси.

Досвід українського бізнесу підтвердив, що мультихмарна стратегія (використання послуг кількох провайдерів одночасно) є найбільш стійкою до зовнішніх загроз, оскільки дозволяє уникнути залежності від одного постачальника та забезпечити географічне розподілення даних [6].

5. Перспективи розвитку хмарних технологій у бізнесі. Серед ключових тенденцій розвитку хмарних обчислень, які визначатимуть бізнес-ландшафт найближчих років, варто виділити:

– розвиток гібридних хмарних середовищ, що поєднують публічні та приватні хмари, дозволяючи компаніям оптимально розподіляти навантаження з урахуванням вимог безпеки та продуктивності;

– поширення граничних обчислень (edge computing), що доповнюють хмарні сервіси обробкою даних ближче до їх джерела, зменшуючи затримки для критичних додатків;



– зростання ринку мультимарних рішень, що забезпечують портативність додатків між різними провайдерами за допомогою контейнеризації (Docker, Kubernetes);

– посилення уваги до безсерверних обчислень (serverless computing), які дозволяють розробникам зосередитися на бізнес-логіці, не турбуючись про управління інфраструктурою;

– посилення регулювання та стандартизації хмарних послуг на національному та міжнародному рівнях, що підвищить довіру бізнесу до хмарних рішень [7].

Хмарні технології є потужним інструментом цифрової трансформації бізнесу, що забезпечує зниження витрат, підвищення масштабованості та гнучкості IT-інфраструктури підприємств. Аналіз моделей хмарних послуг (IaaS, PaaS, SaaS) свідчить про те, що кожне підприємство може обрати оптимальний формат хмарних рішень відповідно до своїх потреб та ресурсів.

Водночас впровадження хмарних технологій потребує системного підходу до управління ризиками, зокрема в питаннях безпеки даних, залежності від провайдера та відповідності нормативним вимогам. Для українського бізнесу хмарні технології стали не лише засобом оптимізації, а й інструментом виживання в умовах воєнного стану, забезпечуючи безперервність діяльності та збереження даних.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка методології оцінки економічної ефективності міграції українських підприємств у хмару з урахуванням специфіки воєнного та повоєнного періодів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gartner. Forecast: Public Cloud Services, Worldwide, 2022–2027. Gartner Research, 2024.

2. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST Special Publication 800-145. National Institute of Standards and Technology, 2011. 7 p.

3. Марков Є. М., Олійник О. О. Хмарні технології в інформаційних системах підприємств : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 224 с.

4. McKinsey & Company. Cloud's trillion-dollar prize is up for grabs. McKinsey Digital Report, 2021.

5. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI. Відомості Верховної Ради України. 2010. № 34. Ст. 481.

6. IDC. Worldwide Whole Cloud Forecast, 2023–2027. International Data Corporation, 2023.



7. Сосновський О. А. Цифрова трансформація бізнесу: хмарні обчислення та інфраструктурні рішення. Економіка та суспільство. 2022. Вип. 45. С. 112–118.

УДК 004.738.5:316.42

В. А. ХОХЛОВ,

к.т.н., senior mobile-developer

ТОВ «Tangram», м. Херсон, Україна

В. А. ДОБРОВОЛЬСЬКА,

к.і.н., доцент,

Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна

Ю. Я. ЗАЗА,

к.філол.н., доцент,

Львівський національний університет імені Івана Франка,

м. Львів, Україна

ВПЛИВ КУЛЬТУРНИХ ТА МОВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

Вступ

У повоєнному відновленні Херсонщини зокрема та України в цілому важливим буде знайти ті напрями діяльності, в яких ми зможемо скласти гідну конкуренцію на світовому ринку. Одним з таких напрямів є і, безумовно, залишатиметься ІТ-сфера. Однак слід враховувати, що в сучасних умовах глобалізації ринку програмного забезпечення мобільні, десктопні та веб-додатки орієнтуються на багатомільйонну аудиторію користувачів із різних країн та культурних середовищ. Це зумовлює необхідність врахування мовних та культурних особливостей (локалізації та інтернаціоналізації) як ключового чинника успішності цифрових продуктів.

Культурні особливості визначають сприйняття дизайну, контенту та взаємодії з користувачем. Кольорова гама, іконографіка, символи, образи та навіть логіка користувацьких сценаріїв можуть мати різне значення в різних культурах. Ігнорування цих аспектів здатне викликати непорозуміння або негативну реакцію аудиторії, що безпосередньо впливає на рівень утримання користувачів (*retention rate*).

Однак, базовою умовою доступності додатка є мовна адаптація інтерфейсу користувача. Використання рідної мови підвищує зрозумілість функціоналу, зменшує когнітивне навантаження та сприяє зростанню рівня задоволеності користувачів. При цьому важливо враховувати не лише переклад текстів, а й особливості граматики, довжину рядків, напрямок письма



(наприклад, для мов із правостороннім письмом), а також локальні стандарти форматування дат, часу, чисел та валют.

Виклад матеріалу

Важливим чинником успішності розроблюваного додатка є приділення уваги процесам інтернаціоналізації (i18n) і локалізації (l10n) ще на самих ранніх етапах проектування. Використання сучасних фреймворків і бібліотек, підтримка ресурсних файлів, адаптивних макетів і механізмів підвантаження локалізованого контенту дозволяє суттєво знизити витрати на масштабування продукту. Тобто, в умовах обмеженості ресурсів, першочерговим питанням є не те, як додати в проєкт підтримку того чи іншого регіону та, зокрема, мови (оскільки технологічна й інструментальна підтримка цей процес значно спрощує), а які саме регіони й мови має сенс додавати з погляду економічної доцільності.

У світі налічується понад 7000 живих мов. В п'ятірку найпоширеніших мов входять: китайська, англійська, гінді, іспанська та арабська [1]. В табл. 1 наведена орієнтовна кількість носіїв зазначених мов.

Таблиця 1.

Орієнтовна кількість носіїв найпоширеніших мов

Мова	Кількість носіїв
Китайська	1.3 мільярда
Англійська	600 мільйонів
Гінді	490 мільйонів
Іспанська	427 мільйонів
Арабська	267 мільйонів

Розглянемо яким чином врахування регіональних й культурних особливостей впливає на розповсюдженість додатків на прикладі реалізації двох настільних ігор для мобільних телефонів – Сиджа (Seega) [2; 3; 4] та Манкала [5; 6; 7]. Обидві гри походять з африканського континенту і є доволі популярними й поширеними в Африці та Азії.

На рис. 1. та рис. 2 представлені скріншоти цих програм.



Рис. 1. Гра Сиджа



Рис. 2. Гра Манкала

В табл. 2 представлена інформація про вказані версії програм.

Таблиця 2.

Характеристики ігор Сиджа та Манкала

	Манкала	Сиджа
Рік випуску	2022	2023
Підтримувані мови	GGVB English, UUAA Українська, EESS Español, KKRR 한한한	GGVB English, UUAA Українська, PPTT Português, SSAA العربية
Кількість встановлень на 29.03.2026	263	652
Кількість активних щоденних користувачів на (DAU) 29.03.2026	34	101

На рис. 3 наведено графік встановлень гри Манкала за період з 1 по 25 березня 2026 р.

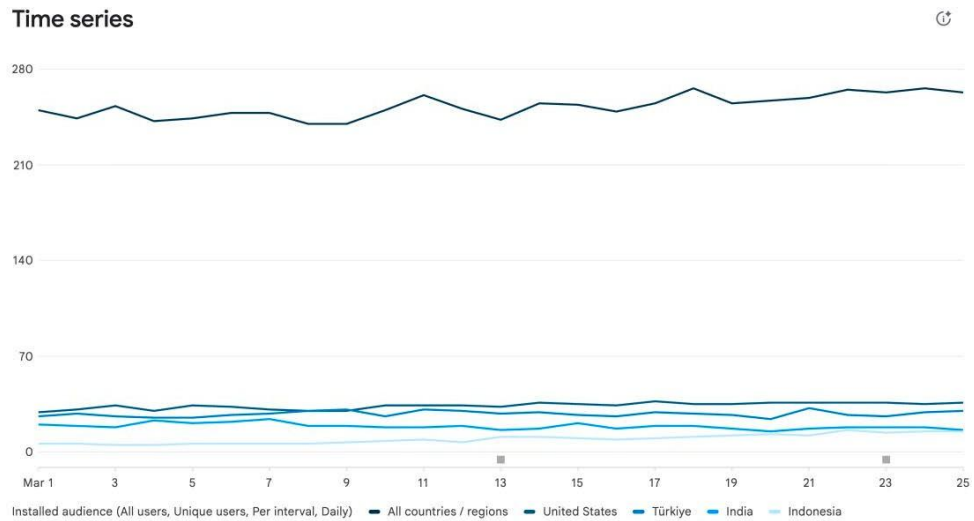


Рис. 3. Графік встановлень гри Манкала

На рис. 4 наведено графік встановлень гри Сиджа за період з 1 по 25 березня 2026 р.

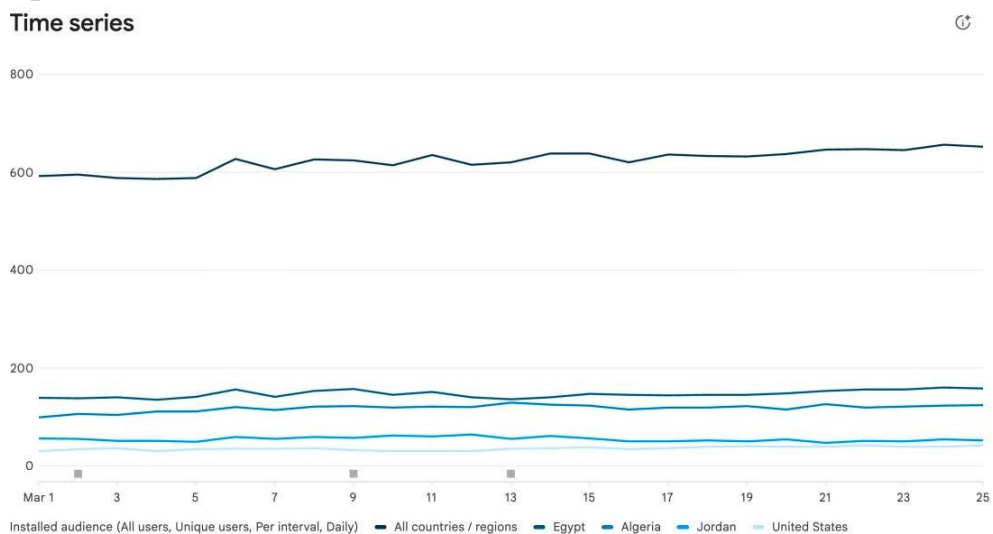


Рис. 4. Графік встановлень гри Сиджа

На рис. 5 наведено графік щоденних активних користувачів (DAU) для гри Манкала за період з 22 по 28 березня 2026 р.

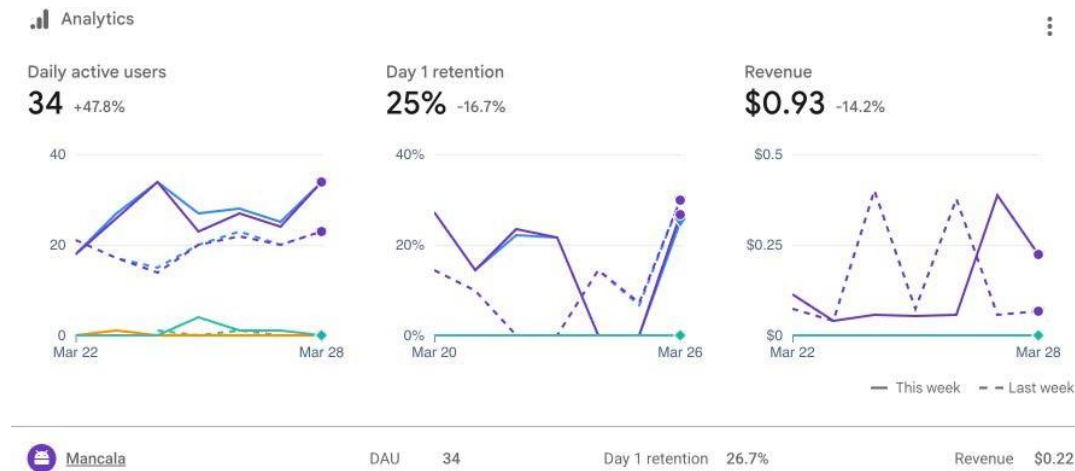


Рис. 5. Графік щоденних активних користувачів (DAU) для гри Манкала

На рис. 6 наведено графік щоденних активних користувачів (DAU) для гри Сиджа за період з 22 по 28 березня 2026 р.

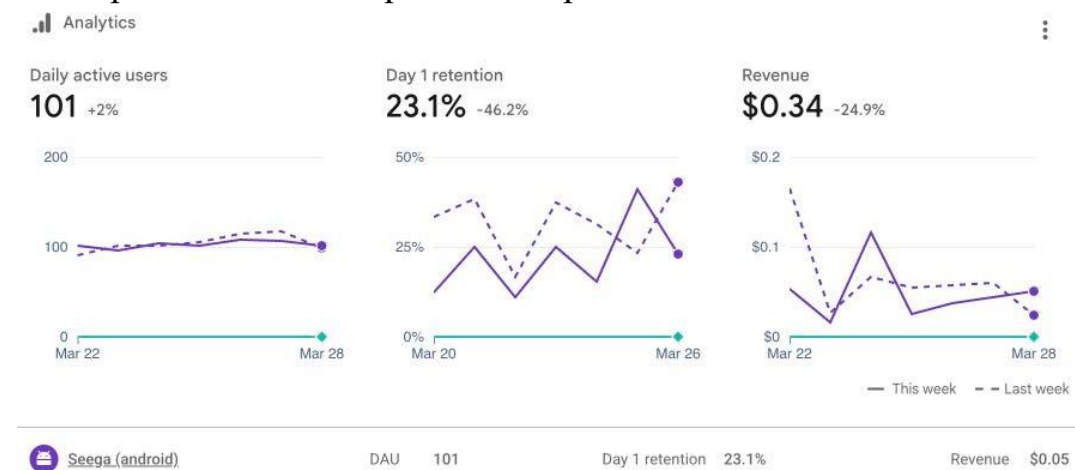


Рис. 6. Графік щоденних активних користувачів (DAU) для гри Сиджа

Отже, незважаючи на ширший ареал іспанської мови та раніший випуск гри «Манкала», «Сиджа» на даний момент має ширше охоплення аудиторії. Це пояснюється тим, що при розробці Сиджі була правильно вибрана цільова аудиторія і реалізована правильна підтримка культурних й національних факторів.

Висновки

Таким чином, врахування мовних та культурних чинників є не лише питанням зручності користування, а й стратегічним аспектом розробки мобільних додатків. Комплексний підхід до локалізації сприяє підвищенню якості програмного продукту, розширенню ринків збуту та формуванню позитивного користувацького досвіду, що в кінцевому підсумку визначає



комерційний успіх додатка. Також необхідно враховувати економічну доцільність підтримки тих чи інших мовних та культурних особливостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. 10 найпопулярніших мов для перекладу вашої програми. URL: <https://www.kenaztranslations.com/uk/top-10-mov-lokalizatsiji> (дата звернення: 18.02.2026).
2. Seega (game) // [https://en.wikipedia.org/wiki/Seega_\(game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Seega_(game)) (дата звернення: 19.02.2026).
3. Android-версія гри Сиджа. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.xbasoft.seega> (дата звернення: 19.02.2026).
4. iOS-версія гри Сиджа. URL: <https://apps.apple.com/app/seega-desert-checkers/id6747625630> (дата звернення: 19.02.2026).
5. Mancala URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mancala> (дата звернення: 19.02.2026).
6. Android-версія гри Манкала. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.xbasoft.mancala> (дата звернення: 19.02.2026).
7. iOS-версія гри Манкала URL: <https://apps.apple.com/app/mancala-games/id6749502881> (дата звернення: 19.02.2026).

УДК 004.7:004.4:378.1

Сергій ЧОРНОУС

старший викладач

кафедри Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ

Дмитро КАСАТКІН

кандидат педагогічних наук, доцент, академік,

завідувач кафедри Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Олексій ЧОРНОУС

здобувач освіти II освітнього ступеня «магістр»

спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія»,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ



ФУНКЦІОНАЛЬНО-РОЛЬОВА КЛАСИФІКАЦІЯ ВУЗЛІВ У ГРАФОВІЙ МОДЕЛІ ГЕТЕРОГЕННОЇ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ

Ключові слова: комунікаційні мережі; кампусні мережі; графова модель; заклад вищої освіти (ЗВО); інфраструктура ЗВО; гетерогенна мережа; нестационарний трафік; віртуалізація ресурсів, розподіл навантаження; моделювання, модель, оптимізація маршрутизації; Software-Defined Networking; Network Functions Virtualization; Knowledge-Defined Networking; графові нейронні мережі; QoS; QoE; управління мережевими ресурсами.

Сучасна мережа закладу вищої освіти являє собою складну гетерогенну систему, у якій кожен вузол виконує строго визначену функціональну роль. Один вузол забезпечує магістральний обмін трафіком між корпусами, інший відповідає за бездротове покриття аудиторій, третій працює як віртуальний мережевий функціонал у хмарі. Без чіткого розуміння цих ролей будь-які спроби віртуалізації ресурсів (міграція віртуальних машин, оркестрація контейнерів, динамічне масштабування SDN-контролерів) призводять до нераціонального використання обладнання та порушення вимог QoS. Тому в межах зваженої орієнтованої графової моделі мережі ЗВО особливого значення набуває саме функціонально-рольова класифікація вузлів. У цій статті ми детально розглядаємо цю класифікацію як самостійний інструмент, що дозволяє не лише описувати топологію, а й формувати ефективні стратегії оптимізації розподілу віртуалізованих ресурсів у реальних умовах університетської інфраструктури.

Університетські мережі формувалися протягом десятиліть і поєднують обладнання різних поколінь: від комутаторів 2010 року до сучасних Wi-Fi6 точок доступу, фізичних серверів і контейнерних оркестраторів Kubernetes. У такому середовищі традиційний підхід, коли всі вузли вважаються рівнозначними, є неприйнятним.

Ми пропонуємо формальне розбиття множини вузлів V на вісім непересічних класів:

$$V = \bigcup_{i=1}^8 V_i, ; V_i \cap V_j = \emptyset (i \neq j) \#(1)$$

Кожен клас V_k має свій вектор атрибутів a_k , який включає швидкість портів, надійність, типові функції та обмеження. Такий поділ дає змогу не тільки точно описувати топологію, а й будувати цільові функції оптимізації з урахуванням реальних ролей вузлів у процесах віртуалізації.



Розглянемо класи детальніше. Для кожного з них наведемо типові кількісні показники та математичні властивості в графовій моделі.

Клас V₁ – Ядро мережі (Core Layer). Це «серце» мережі. Зазвичай 1-4 вузли з портами 10-100 Гбіт/с і надійністю не нижче 0,9999.

Клас V₂ – Агрегаційний рівень. 4-16 вузлів. Вони збирають трафік від рівня доступу і передають його в ядро.

Клас V₃ – Рівень доступу. Найчисленніший клас (20-200 вузлів).

Клас V₄ – Серверна інфраструктура. 10–100 вузлів. Тут розміщуються веб-сервери, бази даних, гіпервізори. Саме тут віртуалізація (ВМ і контейнери) дає найбільший ефект.

Клас V₅ – Засоби безпроводового доступу. 50-500 точок.

Клас V₆ – Кінцеві пристрої. Найбільш численний і гетерогенний клас (1000-50000+).

Клас V₇ – Мережеві функціональні вузли (VNF). Віртуальні маршрутизатори, фаєрволи, балансувальники.

Клас V₈ – Шлюзи та міжмережевий рівень. 2-8 вузлів з WAN-з'єднаннями 1-100 Гбіт/с.

Зведена характеристика всіх класів подана в таблиці 1.

Таблиця 1.

Класифікація вузлів мережі ЗВО за функціональними ролями

Клас	Назва класу	Типова кількість	Швидкість, Гбіт/с	Надійність
V1	Ядро мережі	1-4	10-100	$\geq 0,9999$
V2	Агрегаційний рівень	4-16	1-10	$\geq 0,999$
V3	Рівень доступу	20-200	0,1-1	$\geq 0,99$
V4	Серверна інфраструктура	10-100	1–100	$\geq 0,999$
V5	Безпроводовий доступ	50-500	$\leq 9,6$ (теор.)	$\geq 0,99$
V6	Кінцеві пристрої	1000-50000+	0,1-2,5	-



Продовження таблиці 1.

V7	VNF/SDN-вузли	5-50	1-25	$\geq 0,999$
V8	Шлюзи WAN/Cloud	2-8	1–100	$\geq 0,9999$

Знання функціональної ролі кожного вузла дозволяє по-різному підходити до процесів віртуалізації. На вузлах ядра (V_1) доцільно розміщувати лише високонадійні VNF. На рівні доступу (V_3) недоцільно запускати ресурсоємні контейнери. Для кінцевих пристроїв (V_6) головне – стабільне підключення з гарантованою QoS. Такий диференційований підхід дає змогу формувати цільові функції оптимізації, у яких враховуються не тільки технічні параметри (пропускна здатність, затримка), а й функціональна приналежність вузла, що особливо важливо в умовах нестационарного навантаження типового для ЗВО.

Висновки. Запропонована функціонально-рольова класифікація вузлів у графовій моделі мережевої інфраструктури закладів вищої освіти виступає концептуально важливим інструментом для формалізації та оптимізації процесів управління віртуалізованими ресурсами. Вона трансформує абстрактне представлення топології у прикладну основу для розробки стратегій розподілу навантаження та забезпечення вимог QoS/QoE в умовах гетерогенного та нестационарного середовища.

Перспективним напрямом подальших досліджень є створення алгоритмів автоматизованого віднесення вузлів до відповідних класів, а також інтеграція запропонованої класифікації у системи моніторингу та оркестрації мережевих ресурсів у парадигмі Knowledge-Defined Networking. Це дозволить підвищити адаптивність та ефективність управління інфраструктурою ЗВО, забезпечуючи її стійкість до змінних умов функціонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baran P. On distributed communications networks // IEEE Transactions on Communications. – 1964. – Vol. 12, No. 1. – P. 1–9.
2. Kreutz D. et al. Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey // Proceedings of the IEEE. – 2015. – Vol. 103, No. 1. – P. 14–76.
3. ETSI GS NFV 002 V1.2.1. Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework. – 2014.



4. Open Networking Foundation. SDN Architecture. – ONF TR-521, 2014.
5. Zhang Z. et al. Graph Neural Networks for Network Management and Optimization // IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2023. – Vol. 20, No. 2. – P. 1245–1268.
6. Wang M. et al. Knowledge-Defined Networking: A Survey // ACM Computing Surveys. – 2024. – Vol. 56, No. 3. – Article 45.
7. Wu J. et al. Time-Varying Graphs: A Survey // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 45678–45695.

УДК 004.58:005.95/.96

Карина ШЕВЧЕНКО,

*студентка гр. БІП2-22, факультет інженерії
та інформаційних технологій,*

Київський національний університет технологій та дизайну

Тетяна ДЕМКІВСЬКА,

*кандидатка технічних наук, доцентка кафедри інформаційних та
комп'ютерних технологій, Київський національний університет*

технологій та дизайну

РЕАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗБОРУ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ СПІВРОБІТНИКІВ ЩОДО ЗАДОВОЛЕНOSTІ

Зворотний зв'язок співробітників є одним з ключових інструментів комунікації між працівниками та компанією в сучасній практиці. Результати відгуків використовуються як джерело даних для вибудови показників та метрик в HR-аналітиці. В майбутньому на їх основі приймаються управлінські рішення, ефективність котрих визначається також шляхом визначення задоволеності працівників, що робить збір зворотного зв'язку систематичним та циклічним. Сформовані метрики є цінними показниками в стратегічних методах управління, та дозволяють відстежувати динаміку, аналізувати та прогнозувати рішення наперед. Що особливо важливо в рамках прогнозувальної аналітики: планування кадрової політики, виявлення групи ризиків, а також передбачення ймовірних звільнень серед персоналу. Це дозволяє оцінити ефективність поточних методів управління та вжити завчасно необхідні заходи її покращення за потреби.

Сучасні можливості дозволяють перенести збір відгуку у електронний формат, що дозволяє автоматизувати та масштабувати процес у великих організаціях. Основні методи можна поділити на наступні категорії:



- Структуровані;
- Неструктуровані;
- Автоматизовані;
- Поведінкові.

До структурованих методів відносять стандартизовані опитувальні форми, які часто реалізуються через типові анкети з фіксованими питаннями та варіантами відповідей або шкалами, як Likert (наприклад, від 1 до 5). Такі легко реалізувати через доступні сервіси, як Google Forms, SurveyMonkey, Officevibe, корпоративний чат-бот або email листи. До виду подібних опитувальників відносять pulse-опитування, що є короткими та регулярними, наприклад щотижневими або щомісячними. Безперервний потік інформації з подібних опитувань дозволяє організаціям бути більш проактивними та рухатися вперед, а не озиратися назад [1]. Структурованість наведених методів дозволяє швидко збирати відгуки, складати чіткі показники та проводити моніторинг у реальному часі.

Напротивагу структурованим методам можна виділити неструктуровані. Це підходи з менш жорсткими рамками щодо формату та періоду опитування. Поширеним прикладом є опитування з відкритими питаннями, доступні канали відгуку, або self-service фідбек (ініційований працівником). Такі опитування надають більше інформації та деталей, поглиблюючи аналіз. Але неструктурований формат відповідей або нерівномірність періоду ініціювання потребує більшого ресурсу для аналізу та складно трансформується у чіткі метрики, складно піддається автоматизованій обробці.

Неструктуровані методи ефективно поєднувати з автоматизованими. Наприклад, впровадження Natural Language Processing (NLP) та Machine Learning (ML) дозволяє дієво аналізувати відкриті або неструктуровані відповіді респондентів [2]. Це спрощує процес розбиття відгуку на певні показники та пришвидшує аналіз. Інструменти NLP, ML та Deep Learning (DL) у подальшому можуть бути використані у прогнозувальній аналітиці. До автоматизованих методів можна також віднести впровадження цілих єдиних систем, що збирають відгук та відразу трансформують його у легко доступні результати для кадрових працівників. Сучасними прикладами є HRIS та HRM платформи [3], а також VI-орієнтовані системи і корпоративні застосунки. Подібні рішення можуть включати в себе відразу кілька методів: структуровані опитувальники, джерела неструктурованих відповідей та дані з поведінкових показників.

Поведінкові методи включають в себе аналіз так званого passive feedback - відгук, що не надається працівником напряму, але відстежується по його активності в системах, ініціативності, продуктивності в проєктній діяльності, залученості до корпоративної культури та заходів. Поведінкові методи можуть



бути менш прозорими, але доповнюють аналіз, або додають більше контексту для HR-менеджерів.

Використання спеціалізованих HRIS-систем є доцільним у великих компаніях та дозволяє оперувати внутрішніми даними для побудови відповідних опитувальників та завчасного сповіщення співробітників. Індивідуальні дані працівника дозволяють персоналізувати опитування в залежності від, наприклад ролі співробітника, посади, департаменту або стажу, що відповідає принципам сегментаційного аналізу. Задля успішного збору даних важливо завчасно донести інформацію про опитування до співробітників та надати до анкет доступ, що може бути реалізовано через розсилку та нагадування в середині системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Berthelsen H., Muhonen T. Taking the pulse: a qualitative study on pulse survey implementation. *Frontiers in Organizational Psychology* 3:1696769. URL: https://www.researchgate.net/publication/400128343_Taking_the_pulse_a_qualitative_study_on_pulse_survey_implementation (date of access: 29.03.2026).
2. Garg R., Kiwelekar A. W., Netak L. D., Ghodake A. i-Pulse: A NLP based novel approach for employee engagement in logistics organization. *International Journal of Information Management Data Insights* 1 (2021) 100011. URL: <https://arxiv.org/abs/2106.07341> (date of access: 29.03.2026).
3. Buzkan H. The Role of Human Resource Information System (HRIS) in Organizations: A Review of Literature. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*. 2016. Vol. 5, no. 1. P. 133-138. URL https://www.researchgate.net/publication/297897616_The_Role_of_Human_Resource_Information_System_HRIS_in_Organizations_A_Review_of_Literature (date of access: 29.03.2026).

УДК 004.932

Володимир ШЕРСТЮК

д.т.н, професор, проректор з навчальної роботи

Олег АРТЕМЕНКО

аспірант 3 року навчання спеціальності 122 "Комп'ютерні науки"

Херсонський національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ПРОСТОРОВИХ ДЕРЕВ ДЛЯ СТИСНЕННЯ ДАНИХ

Вступ

Сучасні літаючі сенсорні мережі (ЛСМ), побудовані на основі ансамблів безпілотних літальних апаратів (БПЛА), оснащені сенсорами LiDAR та



камерами високої роздільної здатності, здатні генерувати гігабайти просторових даних за годину польоту.[1] Безпосередня передача сирих даних між агентами або до наземної станції у режимі реального часу зазвичай неможлива через обмежену пропускну здатність радіоканалу.

Однією з ключових проблем побудови ефективних моделей обміну даними в ЛСМ є вибір адекватного представлення просторової інформації, яке поєднувало б високий коефіцієнт стиснення, прийнятну обчислювальну складність на бортовому обладнанні та можливість поступового уточнення карти при надходженні нових даних. Перспективним напрямом є застосування ієрархічних просторових структур — квадродерев для двовимірних мап і октодерев для тривимірного простору. Такі структури природно адаптуються до розрідженості сенсорних даних і дозволяють поєднати функції стиснення, просторової індексації та інкрементного оновлення.

Мета

Метою роботи є аналіз і систематизація моделей та методів використання просторових деревоподібних структур (квадродерев та октодерев) для стиснення геометричних даних у задачах обміну в літаючих сенсорних мережах, а також обґрунтування їх застосовності з урахуванням специфіки бортових обчислювальних ресурсів і умов передачі.

Виклад матеріалу

У більшості реальних сценаріїв простір є неоднорідним за інформаційною насиченістю: області навколо рухомого об'єкта, меж перешкод або різких змін рельєфу містять багато деталей, тоді як значні зони фону є однорідними. Тому доцільно застосовувати представлення, де витрати бітів пропорційні складності сцени, а не площі/об'єму області спостереження.

1. Структура та принципи побудови октодерев

Октодерев — ієрархічна структура, що представляє обмежений тривимірний об'єм через рекурсивне розбиття на вісім рівних октантів. Кореневий вузол відповідає всій сцені, охопленій кубом-обгорткою з лінійним розміром L . На кожному рівні рекурсії вузол ділиться трьома площинами на 8 субкубів. Розбиття триває, доки виконано принаймні одну з умов: досягнута максимальна глибина d_{\max} ; розмір комірки став меншим за задану роздільну здатність ε ; виконується критерій однорідності $H(n)$ (комірка повністю порожня, повністю зайнята або відхилення значень атрибутів не перевищує заданого порогу). Лінійна роздільна здатність визначається співвідношенням

$$\varepsilon = L / 2^d \quad (1)$$

де d — поточна глибина дерева. Для типових сценаріїв спостереження з борту БПЛА розмір кореневої комірки складає $L = 256 \dots 2048$ м, а глибина відповідає $d = 10 \dots 16$, що забезпечує ε від кількох сантиметрів до десятків сантиметрів.



2. Моделі представлення просторових даних

Можна виокремити кілька моделей представлення інформації в листках октодерев, релевантних для задач ЛСМ:

а) Бінарна модель зайнятості: лист зберігає елемент $\{0, 1\}$ — порожньо або зайнято; найпростіша і використовується у задачах планування траєкторій.

б) Імовірнісна модель (OctoMap [3]): лист зберігає логарифмічне відношення шансів

$$L(n) = \log(P(n) / (1 - P(n))), \quad (2)$$

що оновлюється байєсівськи при надходженні нових вимірів. Така модель робастна до шумів сенсорів і природно агрегує дані з кількох агентів мережі.

в) TSDF-октодерево (Truncated Signed Distance Function): лист зберігає знакову відстань до найближчої поверхні. Ефективне для відновлення тривимірних моделей у задачах автономного картування.

г) Семантичне октодерево: лист зберігає вектор розподілу за класами об'єктів, отриманих з нейромережевого детектора. Природна точка інтеграції апарату нечітких м'яких множин для опису належності просторових елементів до семантичних категорій в умовах невизначеності.

3. Методи стиснення октодерев

Стиснення геометричних даних, представлених октодеревом, забезпечується сукупністю методів. Це стиснення за рахунок розрідженості піддерев. Кількість зайнятих листів у типових сценаріях знімання з висот 50–500 м є величиною $O(S)$, де S — площа поверхонь у вокселях, тоді як обсяг повної вокселізованої решітки становить $O((L/\varepsilon)^3)$. Це забезпечує асимптотичне зниження обсягу даних з кубічного до квадратичного відносно роздільної здатності.

Також застосовується бітстрім-кодування за результатами обходу в ширину (BFS): кожен внутрішній вузол кодується одним байтом — 8-бітовою маскою наявності дітей. Ця схема покладена в основу стандарту MPEG G-PCC [5] (Geometry-based Point Cloud Compression, ISO/IEC 23090-9). До бітових масок додатково застосовується контекстне арифметичне кодування з урахуванням стану сусідніх октантів, що зменшує обсяг даних ще у 1,5–3 рази.

У лінійній формі октодерев використовується Z-кодування на основі кривої Мортон: кожен зайнятий лист (i, j, k) перетворюється у скалярний індекс перемережуванням бітів координат, після чого застосовується диференціальне ентропійне кодування. Для часових послідовностей октодерев одного агента ефективним є інкрементне (дельта-)кодування, що передає лише різниці структур між моментами t_1 і t_2 та зменшує трафік на порядок при повільних змінах сцени.



Емпіричний коефіцієнт стиснення лідарних точкових хмар у типовому діапазоні роздільних здатностей складає $5\text{--}20\times$ без помітних втрат геометрії та $50\text{--}100\times$ за умов допустимих втрат точності [4].

4. Моделі обміну в розподіленій ЛСМ

На рівні архітектури мережі виокремлено п'ять базових моделей обміну октодеревами між агентами:

а) Централізована агрегація: усі БпЛА передають свої локальні октодерева на призначений агрегаційний вузол, який формує глобальну карту шляхом операції злиття; модель проста в реалізації, проте утворюється єдина точка відмови.

б) Децентралізована (peer-to-peer) модель: кожна пара агентів обмінюється локальними деревами при безпосередній взаємодії; придатна для функціонування без інфраструктури.

в) Кластерна модель з вузлом-головою: БпЛА організуються в кластери, голова кластера агрегує локальні дерева й передає узагальнене представлення вище за ієрархією; добре поєднується з апаратом сценарно-прецедентного керування ансамблями БпЛА.

г) Інкрементна (Δ -)модель: між моментами обміну передаються лише змінені піддерева, виявлені через хешове порівняння (Merkle-октодерева); забезпечує мінімальний трафік при стабільній сцені.

г) Модель адаптивної передачі рівнями деталізації (LoD streaming): спочатку передаються верхні рівні дерева, далі дерево поступово уточнюється; забезпечує функціональне покриття каналу при різних умовах смуги пропускання. При злитті октодерев двох агентів A і B , узгоджених у спільній системі координат, оновлення провадиться синхронним обходом дерев за правилом

$$L_{merged}(n) = L_A(n) + L_B(n) - L_0(n), \quad (3)$$

де $L_0(n)$ — апіорна оцінка зайнятості. У випадках конфліктних оцінок (наприклад, при спостереженні рухомих об'єктів) застосовуються методи на основі теорії наближених множин: множина агентів зі схожими оцінками формує клас еквівалентності за відношенням нерозрізнюваності, а підсумкове значення визначається нижнім або верхнім наближенням відповідної підмножини.

Висновки

Просторові деревоподібні структури — квадродерева для двовимірних мап і октодерева для тривимірного простору — є природним інструментом представлення геометричних даних у літаючих сенсорних мережах. Їхня ієрархічність забезпечує одночасно стиснення просторову індексацію та можливість інкрементного оновлення карт у режимі реального часу.



Систематизовано чотири взаємопов'язані групи моделей і методів: моделі побудови октодерев, моделі представлення листя, методи стиснення серіалізованого дерева та моделі обміну в розподіленій мережі. Показано, що поєднання імовірнісної моделі з контекстним арифметичним кодуванням і інкрементним обміном забезпечує коефіцієнт стиснення на рівні 50–100 разів порівняно із сирими сенсорними даними при прийнятній обчислювальній складності для бортових обчислювачів БПЛА.

Перспективи подальших досліджень полягають в інтеграції октодеревної моделі обміну з апаратом нечітких м'яких множин для представлення семантичної невизначеності та теорії наближених множин для розв'язання конфліктів між оцінками агентів, що формує цілісну математичну основу обміну даними в ансамблях БПЛА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Network optimization by regional computing for UAVs' big data — *Frontiers*, доступ отримано травня 1, 2026, <https://www.frontiersin.org/journals/computer-science/articles/10.3389/fcomp.2025.1565716/full>
2. Meagher D. Geometric modeling using octree encoding // *Computer Graphics and Image Processing*. — 1982. — Vol. 19, No. 2. — P. 129–147.
3. Hornung A., Wurm K. M., Bennewitz M., Stachniss C., Burgard W. OctoMap: An efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees // *Autonomous Robots*. — 2013. — Vol. 34, No. 3. — P. 189–206.
4. de Queiroz R. L., Chou P. A. Compression of 3D point clouds using a region-adaptive hierarchical transform // *IEEE Transactions on Image Processing*. — 2016. — Vol. 25, No. 8. — P. 3947–3956.
5. ISO/IEC 23090-9:2023. Information technology — Coded representation of immersive media — Part 9: Geometry-based point cloud compression. — Geneva : ISO, 2023. — 348 p.