

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION  
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Вісник Національного  
технічного університету  
«ХПІ». Серія: Стратегічне  
управління, управління  
портфелями, програмами та  
проектами**

№ 1(8)

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

**Bulletin of the National  
Technical University  
"KhPI". Series: Strategic  
management, portfolio,  
program and project  
management**

No. 1(8)

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків  
НТУ «ХПІ», 2024

Kharkiv  
NTU "KhPI", 2024

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами** = *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management* : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків : НТУ «ХПІ», 2024. № 1(8). 86 с. ISSN 2311-4738.

Збірник присвячений проблемам управління розвитком компаній, територій і країн. Головна увага приділяється освітленню досягнень стратегічного управління, управління портфелями, програмами, проектами і взаємозв'язкам між цими науками. Розглядаються питання створення та використання методологій управління розвитком об'єктів, методів дослідження операцій, математичної статистики, інформаційних технологій.

Для науковців, викладачів вищої школи, аспірантів, студентів і фахівців в галузі управління розвитком складних систем.

The bulletin is devoted to the problems of managing the development of companies, territories, and states. The main attention is paid to coverage of the achievements of strategic management, portfolio, program, project management and interrelations between these sciences. The issues of creation and application of methodologies for managing the development of objects, methods of operations research, mathematical statistics, and information technologies are considered.

For scientists, high school lecturers, students, and specialists in the field of development of complex systems.

Ідентифікатор медія R30-01547, згідно з рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення від 16.10.2023 №1075

Мова статей – українська, англійська.

*Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами внесено до категорії Б «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», затвердженого Наказом МОН України № 886 від 02.07.2020 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства» зі спеціальностей:*

*122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології*

*126 Інформаційні системи та технології*

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами», індексується в міжнародних наукометричних базах, репозитаріях та пошукових системах: *Index Copernicus (Польща), WorldCat (США), ResearchBib (Японія), Directory of Research Journals Indexing, Directory of Open Access Journals (США), Universal Impact Factor, Scientific Indexing Services, Google Scholar* і включений у світовий довідник періодичних видань бази даних *Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*.

Офіційний сайт видання <http://pm.khpi.edu.ua/>

*Засновник*  
*Національний технічний університет*  
*«Харківський політехнічний інститут»*

*Founder*  
*National Technical University*  
*"Kharkiv Polytechnic Institute"*

**Головний редактор**

**Кононенко Ігор Володимирович.**, д-р. техн. наук, професор, Україна

**Chief Editor**

**Kononenko Igor**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine

**Відповідальний секретар**

**Лобач Олена Володимирівна**, канд. техн. наук, доцент, Україна

**Executive Secretary**

**Lobach Olena**, PhD, Ass. Professor, Ukraine

**Редакційна колегія**

**Бушуйєв Сергій Дмитрович**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Раскін Лев Григорович**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Романенков Юрій Олександрович**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Саченко Анатолій Олексійович**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Сіра Оксана Володимирівна**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Чумаченко Ігор Володимирович**, д-р. техн. наук, професор, Україна;  
**Elmas Çetin**, доктор наук, професор, Туреччина;  
**Jaafari Ali**, доктор наук, професор, Австралія;  
**Kolesnikova Kateryna**, д-р. техн. наук, професор, Казахстан;  
**Kryvinska Natalia**, д-р. техн. наук, професор, Австрія.

**Editorial team**

**Bushuyev Sergey**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Raskin Lev**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Romanenkov Yuri**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Sachenko Anatoliy**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Sira Oksana**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Chumachenko Igor**, Dr. Tech. Sc., Professor, Ukraine;  
**Elmas Çetin**, Doctor of Sciences, Professor, Turkey;  
**Jaafari Ali**, Doctor of Sciences, Professor, Australia;  
**Kolesnikova Kateryna**, Dr. Tech. Sc., Professor, Kazakhstan  
**Kryvinska Natalia**, Dr. Tech. Sc., Professor, Austria.

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ». Протокол № 3 від 29 березня 2024 р.

*S. BUSHUYEV, D. BUSHUIEV, V. BUSHUIEVA, N. BUSHUYEVA, J. TYKCHONOVYCH*

## STRATEGIC PROJECT MANAGEMENT DEVELOPMENT UNDER INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

This paper explores the dynamic intersection of artificial intelligence (AI) and strategic project management (SPM), investigating the transformative effects of AI technologies on traditional project management practices. As organizations navigate an increasingly complex and fast-paced business environment, the integration of AI in SPM emerges as a catalyst for efficiency, adaptability, and informed decision-making. The study delves into key facets of SPM influenced by AI, including data-driven decision-making, predictive analytics, automation of routine tasks, and resource optimization. The role of AI in risk management, particularly in identifying, assessing, and mitigating project risks, is examined in detail. Furthermore, the paper explores how natural language processing (NLP) fosters enhanced communication within project teams, contributing to a more collaborative and connected working environment. Adaptive project planning, facilitated by AI, is investigated as a mechanism for responding to evolving project dynamics in real-time. The paper underscores the importance of continuous monitoring and reporting enabled by AI, providing project managers with timely insights for strategic adjustments. The concept of continuous improvement, driven by AI-driven analytics, is explored as organizations seek to refine and optimize their project management approaches based on past experiences. Ethical considerations and responsible AI practices are emphasized as integral components of AI integration in SPM. The paper concludes by highlighting the synergistic potential of human expertise and AI capabilities, envisioning a future where organizations can leverage AI to achieve more adaptive, efficient, and successful project outcomes. This comprehensive review aims to contribute to the understanding of AI's transformative influence on strategic project management, providing insights for practitioners, researchers, and organizations seeking to navigate the evolving landscape of project management in the era of artificial intelligence.

**Keywords:** strategic project management, development, artificial intelligence.

*С. БУШУЄВ, Д. БУШУЄВ, В. БУШУЄВА, Н. БУШУЄВА, Ю. ТИХОНОВИЧ*

## РОЗРОБКА СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ПІД ВПЛИВОМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У цій статті досліджується динамічний перетин штучного інтелекту (ШІ) і стратегічного управління проєктами (SPM), та трансформаційний вплив технологій ШІ на традиційні практики управління проєктами. Оскільки організації орієнтуються в дедалі складнішому та стрімкому бізнес-середовищі, інтеграція ШІ в SPM стає каталізатором ефективності, адаптивності та прийняття обґрунтованих рішень. У дослідженні розглядаються ключові аспекти SPM, на які впливає ШІ, включаючи прийняття рішень на основі даних, прогнозу аналітики, автоматизацію рутинних завдань і оптимізацію ресурсів. Детально розглядається роль штучного інтелекту в управлінні ризиками, зокрема у виявленні, оцінці та зменшенні ризиків проєкту. Крім того, у статті досліджується, як обробка природної мови (NLP) сприяє покращенню комунікації в проєктних групах, сприяючи більшій співпраці та зв'язаному робочому середовищу. Адаптивне планування проєкту, що підтримується ШІ, досліджується як механізм реагування на зміну динаміки проєкту в режимі реального часу. У статті підкреслюється важливість безперервного моніторингу та звітності за допомогою ШІ, надаючи керівникам проєктів своєчасну інформацію для стратегічних коригувань. Концепція безперервного вдосконалення, керована аналітикою на основі штучного інтелекту, досліджується, оскільки організації прагнуть удосконалити й оптимізувати свої підходи до управління проєктами на основі минулого досвіду. Етичні міркування та відповідальна практика ШІ підкреслюються як невід'ємні компоненти інтеграції ШІ в SPM. Дослідження завершується підкресленням синергічного потенціалу людського досвіду та можливостей штучного інтелекту, передбачаючи майбутнє, де організації зможуть використовувати ШІ для досягнення більш адаптивних, ефективних і успішних результатів проєктів. Цей огляд має на меті сприяти розумінню трансформаційного впливу штучного інтелекту на стратегічне управління проєктами, надаючи інформацію для практиків, дослідників та організацій, які прагнуть орієнтуватися в мінливому ландшафті управління проєктами в епоху штучного інтелекту.

**Ключові слова:** стратегічне управління проєктами, розробка, штучний інтелект.

**Introductio.** In the contemporary landscape of project management, the integration of artificial intelligence (AI) represents a transformative paradigm shift that promises to revolutionize strategic project management (SPM) practices. As organizations navigate complex and dynamic environments, the need for efficient, data-driven decision-making and adaptive project execution has become paramount. This paper explores the multifaceted impact of AI on SPM, examining how AI technologies enhance key facets such as risk management, resource allocation, communication, and overall project optimization.

The acceleration of AI technologies has enabled project managers to move beyond traditional methodologies, embracing a more proactive and predictive approach to project management. By harnessing the power of AI-driven analytics, organizations can leverage historical project data to anticipate challenges, identify

patterns, and make informed decisions that contribute to project success. The ability of AI to process vast amounts of data in real-time introduces a new era of project intelligence, offering insights that were previously challenging to attain.

Automation, another core element of AI integration, plays a pivotal role in liberating project managers from routine and time-consuming tasks. This allows project leaders to redirect their focus towards strategic planning, innovation, and addressing critical project milestones. The efficiency gains from automating administrative functions contribute to streamlined project workflows and improved overall project performance.

Natural Language Processing (NLP) emerges as a key enabler of enhanced communication and collaboration within project teams. AI-driven tools employing NLP facilitate efficient information exchange, sentiment analysis, and improved understanding of team

dynamics. The resulting connectivity fosters a collaborative environment that is essential for navigating the complexities of modern project landscapes.

Furthermore, the concept of adaptive project planning takes center stage, highlighting how AI enables real-time adjustments to project parameters in response to changing requirements and unforeseen challenges. This adaptability ensures that projects remain on course despite the uncertainties inherent in today's business environments.

While the benefits of AI in SPM are evident, ethical considerations and challenges related to data security and algorithmic biases cannot be overlooked. Responsible AI integration practices are crucial to mitigating potential risks and ensuring that AI technologies align with organizational values and goals.

**This paper aims** to provide a comprehensive exploration of the integration of AI in SPM, offering insights into the way's organizations can harness AI's potential to achieve more efficient, adaptive, and successful project outcomes. By understanding the transformative power of AI in project management, organizations can position themselves at the forefront of innovation, driving project success in an era defined by technological advancements and dynamic business landscapes.

**1. Literature review.** AI can enhance marketing research, strategy, and actions by automating repetitive functions, processing data, and analyzing interactions and emotions [1].

This article explores alternative changes that could take place in the technology, methodology, and most importantly, the practice of locational decision-making, and is part of a larger scale project aimed at investigating the practical value of artificial intelligence (AI) techniques for strategic decision-making [2].

This paper introduces a comprehensive framework for understanding the interplay of AI and strategic management, guiding future research on quantifiable effects of AI in management [3].

Project managers expect AI to improve project management practices in the near and far future, but its impact remains uncertain due to a lack of clear evidence on its potential impact [4].

Artificial intelligence techniques are having a significant impact on risk management, costs, and deadlines in technological innovation project management [5].

Artificial intelligence techniques can enhance software project management tools for distributed multi-platform projects, with a prototype system showing promising results in user trials [6].

This research aims to determine which project management methodology is best for AI-transformation projects, aligning with strategic business goals and ensuring smooth project flow [7].

An integrated intelligent control model for managing innovative projects and programs significantly increases the value of the products by integrating business, social, emotional, technical, and cognitive competencies [8].

**2. Functional areas development of strategic project management.** Strategic project management (SPM) involves planning, executing, and overseeing key projects that align with an organization's long-term goals. The integration of artificial intelligence (AI) into strategic project management has the potential to revolutionize the way projects are planned, executed, and monitored. On the fig. 1 presented functional areas of AI which can driving development of strategic project management.

While AI brings numerous benefits to strategic project management, it's essential to consider ethical considerations, data security, and potential biases in AI algorithms. A thoughtful integration of AI into project management processes can lead to more efficient, adaptive, and successful project outcomes.

**3. Strategic approach under influence of artificial intelligence.** Data-driven decision-making is a strategic approach that involves making choices based on the analysis and interpretation of relevant data. In the context of project management, data-driven decision-making leverages information and insights obtained from various sources to guide and optimize the decision-making process. This approach has become increasingly essential as organizations seek to enhance the efficiency and effectiveness of their projects.

Key Components of Data-Driven Decision Making in Project Management presented on fig. 2.

Data-driven decision-making in project management is a proactive and strategic approach that empowers organizations to harness the power of data for more effective and successful project outcomes. As technology and analytics capabilities continue to advance, the role of data in decision-making will become increasingly integral to project management practices.

**4. Risk management of strategic project under influence of artificial intelligence.** Risk management is a critical aspect of strategic project management, aiming to identify, assess, mitigate, and monitor potential risks that could impact a project's success. Effectively managing risks ensures that a project can navigate uncertainties and challenges, enhancing the likelihood of achieving its objectives. Let's look on the key components and best practices associated with risk management in the context of AI project management (fig. 3).

Effective risk management is an integral part of project success, providing organizations with the tools and insights needed to navigate uncertainties and deliver projects on time and within budget. By integrating risk management into the fabric of project management processes, organizations can enhance their resilience and adaptability in the face of an ever-evolving business landscape.



Fig.1. Functional areas of AI which can driving development of strategic project management

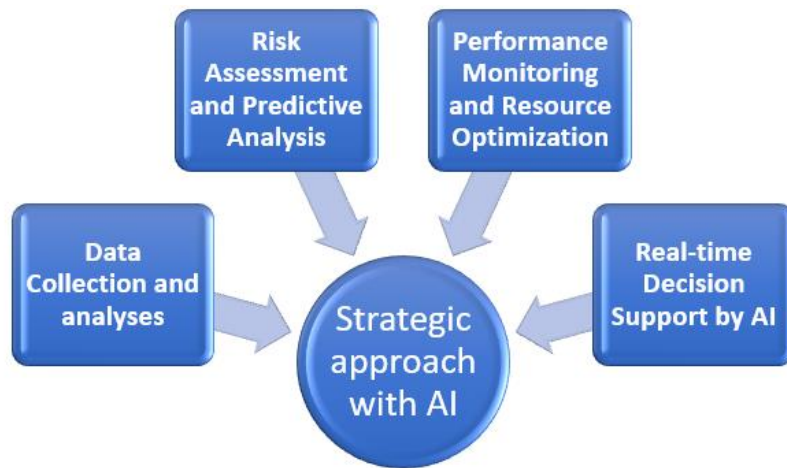


Fig. 2. Key Components of Data-Driven Decision Making in Project Management



Fig. 3. Key components and best practices associated with risk management

**4. Best Practices in Strategic Management under influence of artificial intelligence**

The rise of AI is fundamentally transforming every aspect of business, including strategic management. Let's

look on some best practices for incorporating AI into your strategic decision-making processes (fig.4).

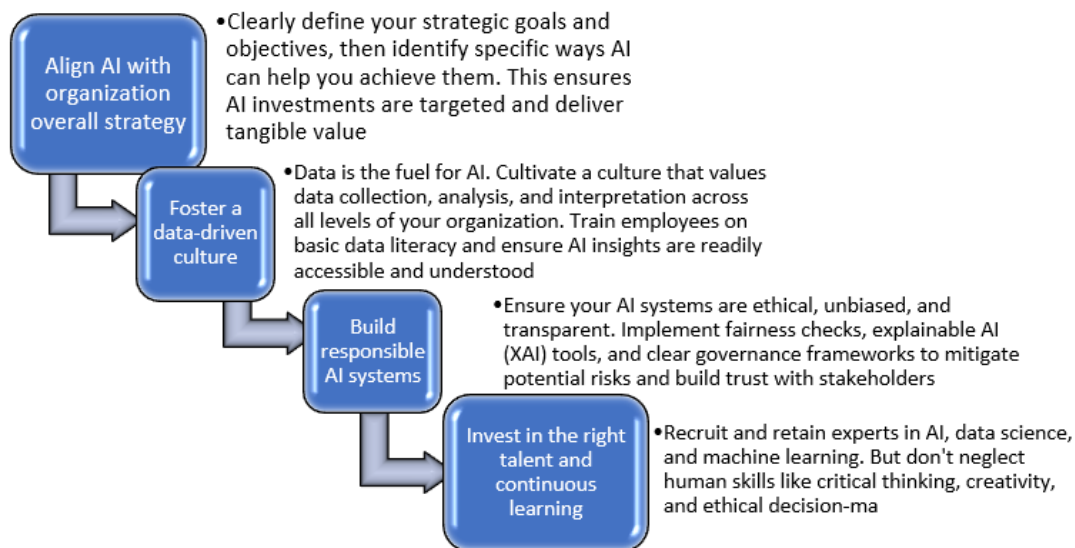


Fig. 4. Best practices for incorporating AI into your strategic decision-making processes

By embracing these best practices and tailoring them to your specific context in Kyiv, Ukraine, you can

leverage AI to gain a strategic advantage and drive sustainable growth for your organization.

AI is a powerful tool, but it's not a magic solution. Its success depends on clear strategic intent, responsible implementation, and a commitment to continuous learning and adaptation.

**Conclusion.** The integration of artificial intelligence (AI) into strategic project management (SPM) marks a significant evolution in the way organizations plan, execute, and optimize their projects. As we have explored throughout this paper, AI brings unprecedented opportunities for data-driven decision-making, risk management, resource allocation, communication enhancement, and adaptive project planning. The transformative impact of AI in SPM is evident in its ability to propel projects toward success in a rapidly changing business landscape.

AI-driven analytics, fueled by historical project data, enable project managers to predict outcomes, identify risks, and make informed decisions with a level of precision and foresight that was previously unattainable. The automation of routine tasks liberates project managers to focus on strategic aspects, fostering innovation and creativity within project teams. Natural Language Processing (NLP) contributes to improved communication and collaboration, enhancing the overall effectiveness of project teams.

The concept of adaptive project planning, empowered by AI, allows organizations to navigate uncertainties and dynamically adjust project parameters in response to changing conditions. This adaptability is a crucial asset in an environment where flexibility and responsiveness are essential for project success.

However, as organizations embrace the benefits of AI in SPM, it is imperative to address ethical considerations, data security, and potential biases embedded in AI algorithms. Responsible AI integration practices ensure that the advantages of AI are harnessed without compromising organizational values or exposing projects to unforeseen risks.

In conclusion, the integration of AI in SPM represents a forward-thinking approach for organizations

aspiring to excel in project management. By adopting AI technologies responsibly and leveraging their capabilities strategically, organizations can position themselves to achieve greater efficiency, innovation, and success in their project endeavors. As the symbiotic relationship between AI and project management continues to evolve, those who embrace this transformative journey are likely to lead the way in shaping the future of project management practices.

#### Reference

- Huang, M., & Rust, R. (2020). A strategic framework for artificial intelligence in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 49, 30-50. <https://doi.org/10.1007/s11747-020-00749-9>.
- Moutinho, L., Curry, B., & Davies, F. (1993). Comparative Computer Approaches to Multi-Outlet Retail Site Location Decisions. *Service Industries Journal*, 13, 201-220. <https://doi.org/10.1080/02642069300000069>.
- Keding, C. (2020). Understanding the interplay of artificial intelligence and strategic management: four decades of research in review. *Management Review Quarterly*, 71, 91-134. <https://doi.org/10.1007/s11301-020-00181-x>.
- Holzmann, V., Zitter, D., & Peshkess, S. (2022). The Expectations of Project Managers from Artificial Intelligence: A Delphi Study. *Project Management Journal*, 53, 438 - 455. <https://doi.org/10.1177/87569728211061779>.
- Fernández, J., Moreno, J., Vergara-González, E., & Iglesias, G. (2022). *Bibliometric Analysis of the Application of Artificial Intelligence Techniques to the Management of Innovation Projects*. Applied Sciences. <https://doi.org/10.3390/app122211743>.
- O'Connor, R., & Jenkins, J. (1999). Using agents for distributed software project management. *Proceedings. IEEE 8th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE'99)*, 54-60. <https://doi.org/10.1109/ENABL.1999.805175>.
- Najdawi, A., & Shaheen, A. (2021). Which Project Management Methodology is better for AI-Transformation and Innovation Projects?. *2021 International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)*, 205-210. <https://doi.org/10.1109/ICIPTM52218.2021.9388357>.
- Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Bushuiev, D., & Bushuieva, V. (2022). *PROJECT MANAGEMENT INTELLIGENCE ARCHITECTURE*. Value co-creation in the project society. <https://doi.org/10.56889/uxoz1111>.

Received (надійшла) 25.02.2024

#### Відомості про авторів / About the Authors

**Бушуйєв Сергій Дмитрович (Bushuyev Sergey)** – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри управління проектами; м. Київ, Україна; e-mail: sbushuyev@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7815-8129>

**Бушуйєв Денис Антонович (Bushuyev Denis)** – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри управління проектами, м. Київ, Україна; e-mail: BushuyevD@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5340-5165>

**Бушуйєва Вікторія Борисівна (Bushuyeva Victoria)** – кандидат технічних наук, доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри управління проектами, м. Київ, Україна; e-mail: bushuieva.v@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7298-4369>

**Бушуйєва Наталія Сергіївна (Bushuyeva Nataliia)** – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри управління проектами, м. Київ, Україна; e-mail: Natbush@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4969-7879>

**Тихонович Юрій Станіславович (Tykchonovych Yuri)** – кандидат юридичних наук, Київський національний університет будівництва та архітектури, докторант кафедри управління проектами, м. Київ, Україна; e-mail: yuriy.santorini@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9200-7486>

S. D. BUSHUYEV, A. V. IVKO

## PROJECT MANAGEMENT MODELS FOR DEVELOPMENT PROJECTS IN SELF-MANAGED ORGANIZATIONS IN A SYNCRETIC CONTEXT

The relevance of developing models and methods of syncretic management for development projects of self-managed organizations is justified. The practical value of such models for infrastructure restoration projects in Ukraine is emphasized. The methodological approach of syncretic management to the implementation of infrastructure restoration projects was proposed, an analysis of the environment for the implementation of development projects of self-managed organizations was carried out, including the characteristics of the environment of the management models of development projects, suitable models of the life cycle of development projects and the main elements of the self-managed approach for use in the studied projects. Three characteristics of the life cycle model for development projects of self-managed organizations are defined, and a four-phase model is proposed: initialization, implementation, testing, and closure. The main elements of the self-managed approach were identified for use in the studied projects, consisting of seven such elements: the use of the principle of self-management, collegial decision-making, the absence of a formal leader, the assumption of responsibility by members of a self-managed team, self-determination of motivation, the use of holacracy models and methods, independent development of competence by participants teams. Two models were proposed -  $\alpha$ -model and  $\beta$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context. Visualization of the specified models, their description and comparative characteristics were provided. In the development of this approach, a complex model of management of development projects of self-managed organizations was also formalized in a syncretic context, in the form of a formal eight using set theory. A SWOT analysis of the proposed models was carried out, their strengths and weaknesses, opportunities and threats that may arise as a result of their use were highlighted. A conclusion was made based on the results of the SWOT analysis. Prospects for further research in the chosen direction were formulated. It was determined that the qualified implementation of the mentioned developments in the practice of infrastructure restoration projects will potentially increase the effectiveness of such projects and portfolios of such projects.

**Keywords:** project and program management, self-managed organizations, development projects, syncretic methodology, project management models, infrastructure restoration projects of Ukraine.

C. Д. БУШУЄВ, А. В. ІВКО

## МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ САМОКЕРОВАНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ В СИНКРЕТИЧНОМУ КОНТЕКСТІ

Обґрунтована актуальність розробки моделей і методів синкретичного управління для проєктів розвитку самокерованих організацій. Підкреслена практична цінність таких моделей для проєктів відновлення інфраструктури України. Запропоновано методологічний підхід синкретичного управління до реалізації проєктів відновлення інфраструктури. Проведено аналіз середовища реалізації проєктів розвитку самокерованих організацій. Зокрема проаналізовано особливості середовища існування моделей управління проєктами розвитку, придатні моделі життєвого циклу проєктів розвитку та основні елементи самокерованого підходу для використання в досліджуваних проєктах. Визначено три характеристики моделі життєвого циклу для проєктів розвитку самокерованих організацій, запропоновано модель з чотирьох фаз: ініціалізація, реалізація, тестування та закриття. Було ідентифіковано основні елементи самокерованого підходу для використання в досліджуваних проєктах у складі семи таких елементів: використання принципу самокерованості, колегіальне прийняття рішень, відсутність формального лідера, взяття на себе відповідальності учасниками самокерованої команди, самовизначення мотивації, використання моделей та методів холакратії, самостійний розвиток компетентності учасниками команди. Було запропоновано дві моделі –  $\alpha$ -модель та  $\beta$ -модель управління проєктами розвитку самокерованих організацій в синкретичному контексті. Було надано візуалізацію зазначених моделей, їх опис та порівняльну характеристику. У розвиток цього підходу також було формалізовано комплексну модель управління проєктами розвитку самокерованих організацій в синкретичному контексті, у вигляді формальної вісімки з використанням теорії множин. Був проведений SWOT-аналіз запропонованих моделей, виділені їх сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, що можуть виникнути внаслідок їх використання. Зроблений висновок за результатами SWOT-аналізу. Були сформульовані перспективи подальших досліджень у обраному напрямку. Визначено, що кваліфіковане впровадження зазначених напрацювань у практику реалізації проєктів відновлення інфраструктури дозволить потенційно підвищити ефективність таких проєктів та портфелів таких проєктів.

**Ключові слова:** управління проєктами та програмами, самокеровані організації, проєкти розвитку, синкретична методологія, моделі управління проєктами, проєкти відновлення інфраструктури України.

**Introduction.** The development of project management systems has been progressing rapidly in recent decades and years. The latest trends of such development are worthy of being studied and implemented in the field of reconstruction projects of Ukraine, which is still suffering from the Russian invasion and significant destruction of infrastructure as a result. Infrastructure restoration projects of Ukraine are a priority for the President of Ukraine and the Government [1], they are considered in a comprehensive manner both with the aim of ensuring the recovery and development of the economy, and with the aim of strengthening the defense capability. Among the latest trends worth noting are the democratization of project management and project-oriented organizations in general, as well as the search for

effective corporate project management methodologies based on a mix of methodological constructs.

Scientific and practical research in these contexts determines the prospects of the specified directions. This allows us to assume that the indicated directions are not only situational trends, but also defining guidelines for increasing the efficiency of project management in modern conditions. The infrastructure restoration sector of Ukraine really needs such an increase. Because reconstruction is not only a large-scale task (given the significant destruction caused by the aggressor), but also takes place in the extreme conditions of war. And therefore, project management in the field of infrastructure restoration is simply forced to look for non-trivial ways, at least simply to successful implementation.



At the same time, the overarching task should be considered efficient, effective and productive implementation of restoration projects.

At the intersection of the relevance of the practical task of ensuring the effectiveness of restoration projects and modern scientific trends regarding self-organization and methodological mixing, the scientific task of researching syncretic management as a methodology within the scope of using such a methodology by self-managed organizations (or organizations that use elements of self-management in the management system) in the context of project implementation appears restoration of the infrastructure of Ukraine.

Among other trends of modern project management, it is also worth noting the digitization of management processes, the use of artificial intelligence elements in management systems, the use of visualizations and dashboards of the manager for effective monitoring of project implementation and the appropriate timely and adequate response to project deviations from the planned indicators in terms of implementation time, cost and quality products of the project, as well as processes of its implementation. A separate case is distinguished by the modern demand for deeper and more comfortable cooperation of the project management team with stakeholders.

We will try to cover and take into account most of the indicated trends in the models and methods of the syncretic methodology of managing projects, programs and project portfolios.

#### **Analysis of recent research and publications.**

Models of project management in general and management of development projects in particular have been considered in many studies. First of all, they are created on the basis of traditional models presented in project management standards. Such standards themselves are a generalization of common and proven practices in the field of project management. In particular, the latest edition of the most well-known industry standard PMBOK [2] contains a project management standard and a guide to the project management body of knowledge. The standard includes a separate block describing the system of value delivery through projects and 12 principles of modern project management. The body of knowledge contains a description of models and methods for 8 areas of project implementation (stakeholders, team, approach to development and life cycle, planning, project work, delivery, measurement, uncertainty) and a separate block describing approaches to tailoring PMBOK methodological developments to specific projects.

A separate area of standardization in project management is the competence of project participants. In particular, the Project Manager Competency Development Framework standard [3], which contains relevant competency models. There are also many other standards regarding the management of labor resources of projects, including the development of their competence.

Recently, in connection with the development of project management in both the practical and theoretical plane, when using standards and methodologies for

managing many projects in organizations (project programs, project portfolios), the need for more complex methodological structures arises. In particular, this need is due to the emergence of the flexible Agile project management standard [4,5], which has already spread far beyond the IT industry in which it originated. Thus, the combination of various standards and their elements within the corporate methodology of project management for project-oriented organizations becomes an actual direction of theoretical and practical developments. One of the possible approaches to such a combination is hybridization, within which methodological mixes are used at the corporate methodology level, consisting of separate elements of different methodologies (models and methods), which are adapted both to each other and to the specifics of the organization in which are implemented [6].

This approach is widely used both for large sets of projects managed by the organization [7], and for choosing an adequate methodological approach using appropriate information technologies [8].

Besides, in this context, the work [9] is interesting, which examines the approach to project portfolio management in connection with a project-oriented organization maturity and formulates appropriate models.

In addition, an essential element of modern project management systems is the self-management of project teams or project-oriented organizations as a whole. Research in this direction was initiated by the work [10], in which the "turquoise organization" was considered as the next stage of the evolution of organizational development, as well as the description and characteristics of such organizations were provided. Subsequently, the functioning of self-managed organizations began to be described within the new scientific paradigm of "Holarctic management" [11, 12], where the models and methods of self-management gained further development, in particular, regarding the models of processes of self-managed organizations and the motivation of its participants. A significant characteristic of self-managed organizations, according to the cited studies, is democratic management, reduction (or even disappearance) of the role of a formal leader, self-determination of self-managed team members both in terms of tasks and responsibility for their implementation, and in terms of motivation for completing/failing to complete project tasks.

The analysis of the mentioned scientific works made it possible to investigate the possibility of using the mentioned developments in projects to restore the infrastructure of Ukraine and to justify the feasibility of such use. In particular, on the basis of such an analysis, a new approach was proposed to combine the specified features of modern project management, namely, the approach of syncretic management [13]. The conceptual difference of such management from the hybridization of methodologies should be defined as the possibility of separate use of methodologies in separate parts of the project (or portfolio of projects) without mixing them at the level of corporate methodology. It remains possible for individual self-managed teams to choose a project management methodology for team use. However, a

project team (within a portfolio or program) may also decide that it is appropriate to use a hybrid methodology, but other teams in other projects choose a standard, approach or methodological hybrid regardless of the methodological decisions of other teams. As already mentioned, the syncretic approach acquires special relevance in project portfolios with many participants, which may represent different countries - which confirms the practical value of such an approach specifically for infrastructure restoration projects of Ukraine [14].

So, let's formulate four principles regarding the development of models for managing development projects of self-managed organizations in a syncretic context:

- simultaneous execution by project-oriented organizations of several projects, which can optionally be combined into a portfolio or program (or a set of such programs, portfolios and/or projects);
- simultaneous use of several standards and/or methodologies in the activities of a project-oriented organization;
- use of a syncretic approach by a project-oriented organization: not mixing methodologies used by individual projects of the organization; the possibility of project teams choosing their own management methodology;
- the use of elements of self-management in a project-oriented organization or activities in general based on the principles of self-management.

With the use of these principles, and taking into account the justified relevance of the corresponding scientific task, we will develop management models of development projects of self-managed organizations in a syncretic context for infrastructure restoration projects.

**The purpose of the article** is to develop project management models for the development of self-managed organizations in a syncretic context, taking into account their application to infrastructure restoration projects.

To realize the set goal in this article, the authors solve the following scientific tasks:

- to conduct an analysis of the environment for the implementation of development projects of self-managed organizations, in particular, the peculiarities of the environment of development project management models, suitable models of the life cycle of development projects and the main elements of the self-managed approach for use in the studied projects;
- to propose the  $\alpha$ -model and the  $\beta$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context, provide a description and comparative characteristics of these models;
- to formalize a complex model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context;
- to analyze the proposed models and formulate vectors for further research in the chosen direction.

**Presenting main material.** In order to develop management models for development projects of self-managed organizations in a syncretic context, we will take

into account the following features of the environment of such models, namely:

- the life cycle of development projects, the model of which is implemented using elements of various methodologies, standards or approaches;
- simultaneity or cascading (shift in time) of launching development projects;
- multiplicity of methodologies used by project-oriented organizations when implementing projects;
- the feature of self-management of organizations, according to which the formation of a methodological approach (contextually: methodological mixes) occurs spontaneously at a certain phase of the life cycle of projects.

Discussions about the decomposition of life cycle elements have been going on since the beginning of project management as a science. The evolution of the model took place from the original division into three classic phases of the classic PMBOK standard, "initialization", "implementation", "closure" to flexible life cycles. With the emergence of the concept of hybridization, life cycle models acquire a combined character and can combine elements of both waterfall and flexible approaches.

Therefore, we will offer the following life cycle model for development projects of self-managed organizations, which has the following characteristics:

1) decomposition of models of the life cycle of projects of a self-managed project-oriented organization into four typical parts (phases): initialization, implementation, testing, closure;

2) use of flexible principles within the phases; just as the life cycle model in Agile is generalized to the waterfall triad "Pre-game – Game – Post-game" (while the flexible component is foreseen only in the Game phase, when the phase is divided into flexible periods, usually identified as sprints; while itself the triad is a classic waterfall: a contract is prepared in the Pre-game phase, only after that the "Game" implementation phase takes place, only after the end of which the contract is closed in the Post-game phase) - in the case of the studied projects, it is possible to determine as flexible in advance the phases of implementation and testing, while the overall project life cycle model will be waterfall; therefore, in this way, a hybrid approach to the formation of a model of the life cycle of development projects in self-managed project-oriented organizations is implemented;

3) the flexibility of the life cycle model itself, according to which it (the model) can be improved during the implementation of project activities by a self-managed organization; for example, it can be based on the results of final meetings or, according to the Agile methodology, the so-called "retrospective of retrospectives".

Finally, since the implementation of infrastructure restoration projects will take place in the environment of organizations that will use elements of self-management or be fully self-managed, it is worth identifying the main elements of the self-managed approach for use in the studied projects. In particular, we identify them below.

1. A self-managed organization can either fully carry out activities based on the principles of self-management,

or use individual elements of a self-managed approach; in the latter case, one or more self-managed teams can work in the organization, the interaction between which can be carried out on the principles of self-management, and between them and the management of the organization – on the principles of hierarchical subordination.

2. Decision-making in a self-managed team is collegial.

3. There is no formal team leader role. The role of situational moderator can be used when, during meetings or discussions, the most competent team member on the issue under consideration, by mutual agreement, assumes the role of moderator of the discussion.

4. Responsibility for the performance of tasks and the very formulation of tasks occurs through the manifestation of one's own initiative by team members; the same applies to tasks related to the development and improvement of team management models and methods (that is, not only project tasks as such, but also development tasks).

5. Models and methods of motivating team members can be determined (initiated) by the team members themselves, which is agreed upon (with the achievement of consensus) at joint operational or project meetings.

6. When managing a self-managed team, models and methods of holacracy and appropriate management are used.

7. A self-managed team independently identifies missing competencies, and then forms a corresponding request and expands the team either through the selection of the necessary performers, or through training (increasing the competence) of existing team members.

Thus, based on the results of the study of the environment of the investigated projects, we will propose two models:

- $\alpha$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context (Fig. 1);
- $\beta$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context (Fig. 2).

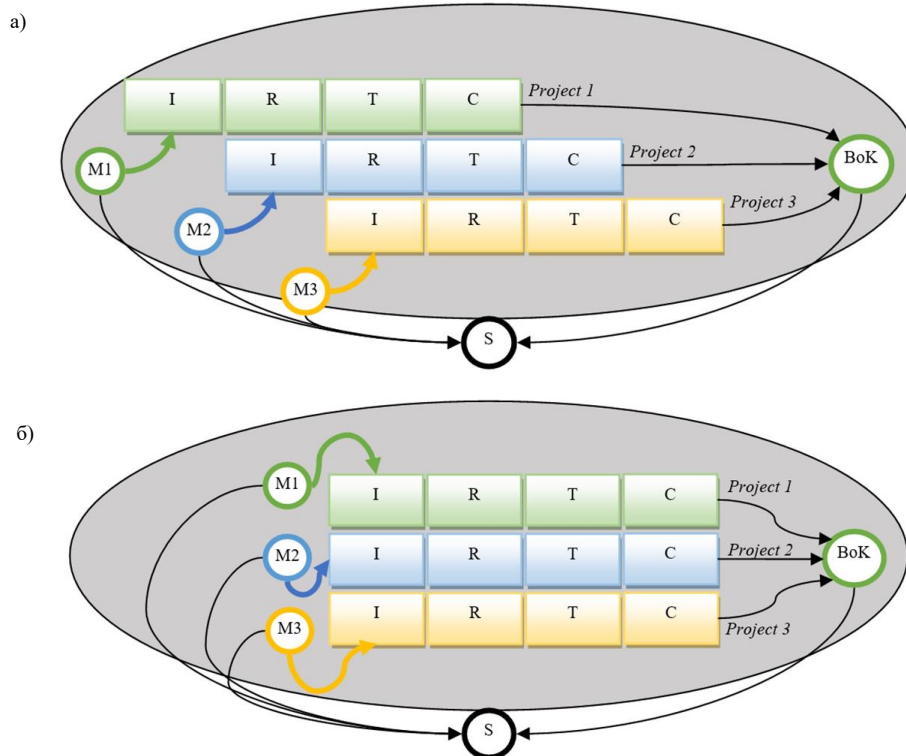


Fig. 1.  $\alpha$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context  
 a) in the cascade version of the ratio of life cycles of portfolio projects  
 b) in the parallel version of the ratio of life cycles of portfolio projects

In these models, the life cycle of restoration projects is decomposed into four phases, denoted as: I – initialization, R – implementation, T – testing and C – closure.

The project management methodologies used by the first, second, and third portfolio project teams (the number of portfolio projects taken in the example models) are labeled M1, M2, and M3, respectively. Moreover, in accordance with the principles of syncretic management, methodologies M1, M2 and M3 do not mix with each other. Although if one of the methodologies of one of the projects is a hybrid (for example, Agile + CMMI), its

elements can be used in the methodology used to manage another portfolio project. However, this fact does not negate the integrity of the management methodology for each project and denies their direct mixing at the level of the corporate management system of a self-managed organization that implements a portfolio of infrastructure restoration projects.

So, let's first describe the  $\alpha$ -model of managing development projects of self-managed organizations in a syncretic context, then the  $\beta$ -model, after which we will define their distinguishing features.

In the proposed  $\alpha$ -model (Fig. 1), the selection of the management methodology for each portfolio project is carried out by the project team during the initialization phase. This should be preceded by a discussion and formalization of the project idea, a formal description of the project in the form of a charter or other artifact, and selection of the project team. In self-managed organizations, unlike traditional hierarchical ones, there is no appointment (or selection) of the project manager.

The results of the project in the form of artifacts (models, methods, lessons, best practices) are constantly transferred to the knowledge base of project activities of the self-managed organization (BoK - base of knowledge).

In turn, the core of the syncretic methodology (S) is outside the projects and forms influences on the portfolio based on the principles of syncretism. At the same time, S

is in constant contact with the knowledge base (which, in turn, is constantly updated). In addition, S communicates with projects through their methodologies (M1, M2, M3) through appropriate interfaces. Thus, S carries out the following information exchange with portfolio projects:

- receives information on the progress of portfolio project implementation;
- receives information about project management models and methods and evaluates their effectiveness;
- carries out, if necessary, correction of each methodological concept within the framework of the methodology based on the results of evaluating their effectiveness; at the same time, the integrity of the methodologies is not violated, there is no mixing of methodologies.

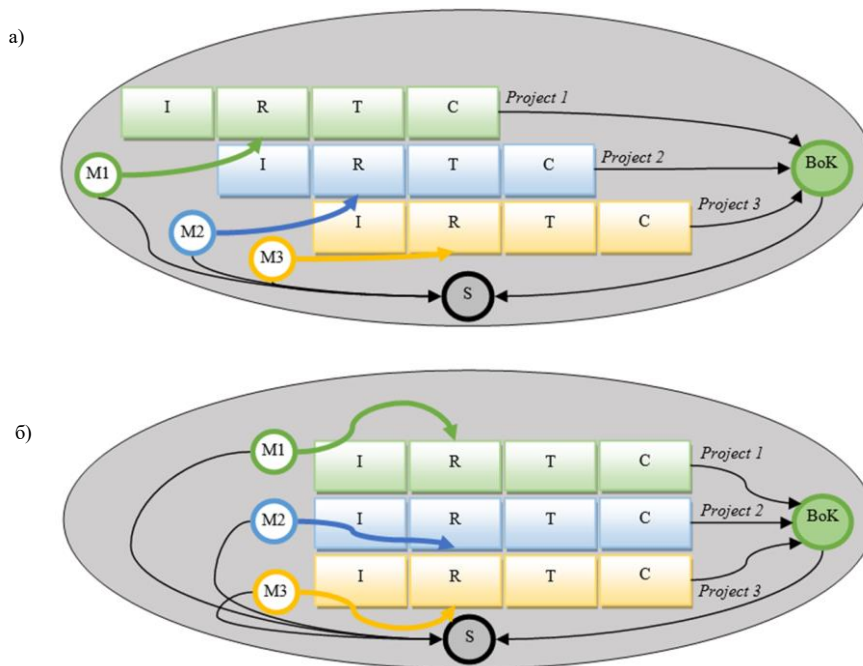


Fig. 2.  $\beta$ -model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context  
 a) in the cascade version of the ratio of life cycles of portfolio projects  
 b) in the parallel version of the ratio of life cycles of portfolio projects

In the proposed  $\beta$ -model of project management of the development of self-managed organizations in a syncretic context (Fig. 2), there is a spontaneous crystallization of the management methodology of each portfolio project in the implementation phase. Spontaneity here is due to the self-directed nature of management. The discussion and use of various methodological concepts at the initialization phase of the project and at the beginning of the implementation phase leads to the gradual formation of best practices and the use of certain management models and methods. Each element of the methodology can be contributed by each member of the self-managed team. At a certain stage of the implementation phase (it can be assumed that this happens at the beginning of the phase, but not immediately), the self-managed team agrees on the project management methodology that it will use. It can be a mono-methodology or a hybrid. In such a formulation of the

problem, it may seem that the most likely choice is a hybrid, but this is not mandatory. In the event that the team members will represent the same school of project management (related, for example, to the predominant use of the PMBOK standard of the American Project Management Institute, PMI), the choice of the team may fall on this standard as the basis of the project management methodology managed by this team.

The knowledge base of project activities (BoK) in a self-managed organization is filled in the same way, and it is also a source of data for S – the core of the syncretic methodology of managing project activities of a self-managed organization.

However, this core is in the direct process of project management and exerts not only a methodological, but also a managerial influence on projects, intervening in the course of their implementation based on monitoring results.

Thus,  $S$  within the  $\beta$ -model carries out the following information exchange with portfolio projects:

- receives information on the progress of portfolio project implementation;
- receives information about project management models and methods and evaluates their effectiveness;
- carries out, as necessary, correction of each methodological concept within the framework of the methodology based on the results of evaluating their effectiveness; at the same time, the integrity of the methodologies is not violated, there is no mixing of methodologies.
- exerts a managerial influence on portfolio projects based on the results of processing information about their implementation and on the basis of comparison with target indicators;

So, based on the results of research, we will formulate the common and distinctive features of the  $\alpha$ -model and the  $\beta$ -model.

The following should be identified as common features:

- 1) project portfolio management within the self-managed organization;
- 2) use of syncretic methodology;
- 3) availability and constant updating of the project activity knowledge base; the knowledge base is used by the core of the syncretic methodology.

We identify the following as distinguishing features:

- 1) the choice or spontaneous crystallization of the project management methodology occurs at different phases of the life cycle – at the initialization phase for the  $\alpha$ -model and at the implementation phase for the  $\beta$ -model;
- 2) syncretic methodology is implemented in different types of management (in accordance with the analogy with the types of project offices – a project office of methodological support and a project office of direct management), in particular, within the limits of the  $\alpha$ -model, methodological support of portfolio projects and the corresponding correction of project management methodologies are implemented, while in within the  $\beta$ -model, the project portfolio management team exerts a direct influence on the management of each portfolio project, in addition to methodological support;
- 3) the predominant model of forming the management methodology of each project for the  $\alpha$ -model is team selection, while for the  $\beta$ -model it is spontaneous crystallization.

We will analyze the proposed approach in the context of comparing a self-managed organization that uses syncretic management and a traditional hierarchical organization that implements classical project management. For this comparison, we identify four vectors of organizational maturity of project-oriented organizations, namely:

- methodological flexibility,
- organizational flexibility,
- required level of competence of project team members
- acceptable level of predictability of the project environment.

The results of the evaluation, which was carried out by the method of surveying experts, are shown in Fig. 3. The assessment was conducted among universities lecturers who participate in real projects. 30 lecturers were interviewed. The overall assessment was formed as a weighted one. The weight of experts varied depending on the scientific degree. The sum of the experts' weight was equal to 1. The fourth vector of organizational maturity (acceptable level of predictability of the project environment) meant the minimum level of predictability at which the project management system expertly remains effective.

Based on the results of the evaluation, it is possible to come to a conclusion regarding the greater organizational and methodological flexibility of the proposed approaches compared to the traditional ones and a lower threshold for the unpredictability of the environment at which the management model remains effective. At the same time, the requirements for project team members remain equally high. A somewhat greater importance of the requirements for the competence of team members implementing syncretic management is determined by the necessary expansion of their knowledge regarding the models and methods of syncretic management itself.

We will offer a set description of the  $\alpha$ -model and  $\beta$ -model in the form of a complex model of management of development projects of self-managed organizations in a syncretic context (in the form of a formal eight):

$$Q = \langle V, S, O, P, M, I, E, B \rangle, \quad 1)$$

where  $V$  – is the set of values and strategic value concepts of a self-managed project-oriented organization (mission, vision, strategy, values);

$S$  – is the set of models and methods of syncretic methodology;

$O$  – the set of organizational models and methods used by a self-managed organization (including models and methods of holistic management based on the use of the holacracy concept);

$P$  – the set of projects implemented by a self-managed organization within the portfolio of its projects;

$M$  – the set of methodologies used by projects belonging to the project portfolio of a self-managed organization; and each of these methodologies can be both a mono-methodology and a methodological hybrid (Agile + CMMI, Scrumban, etc.);

$I$  – the set of interfaces between the core of the syncretic methodology and the methodologies of each project included in the portfolio of projects of the self-managed organization;

$E$  – the set of IT tools that implement the specified models within the syncretic methodology; including the types and functional orientation of such tools, as well as the possibility of their integration with each other and with other IT systems of the self-managed organization; an important requirement for such tools is the requirement (especially in modern conditions of war and the aggressor's attempts to carry out large-scale IT attacks) to ensure a sufficient level of cyber security and cyber protection;

*B* – the knowledge base of project management, which in particular includes indicators of project use, best practices, performance indicators, experience in using

models and methods, adjusted models and methods, KPI (Key Performance Indicator), KSI (Key Success Indicator) models with history and dynamics their changes, etc.

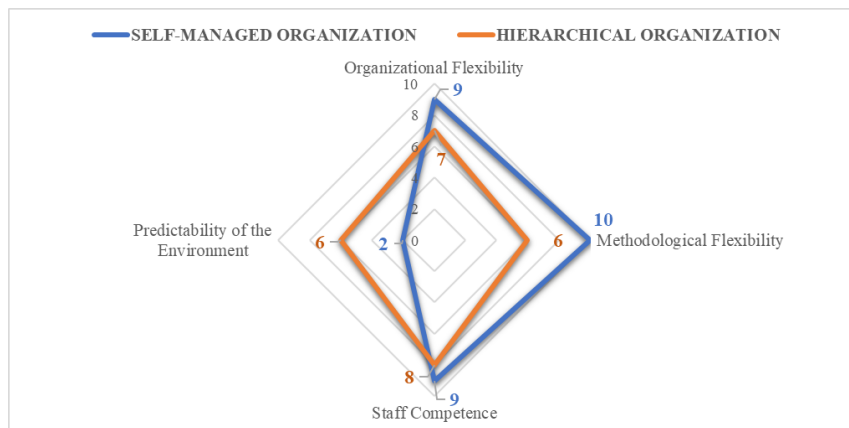


Fig. 3. Comparative analysis of organizational approaches to managing project-oriented organizations

We will conduct a SWOT analysis of the proposed models ( $\alpha$ -models and  $\beta$ -models of development project management using syncretic methodology) for use by self-managed organizations in portfolios of infrastructure restoration projects. Let's highlight their strengths, weaknesses, opportunities arising from their application, and threats that may arise.

#### Strengths.

St-1. A syncretic approach, within which the use of  $\alpha$  and  $\beta$  models is proposed, which preserves the methodological integrity of the management system of each project. This allows project teams (especially if they represent different management cultures, possibly different countries of origin) to further work and improve familiar methodological concepts, as well as models, methods and tools associated with them.

St-2. The multiplicity of models ( $\alpha$  and  $\beta$ ) and variations in the use of models (cascade version, parallel version), which simplifies the selection of a management model for adaptation (tailoring) to the conditions of a specific project-oriented organization.

St-3. Using the knowledge base of project-oriented activities and ensuring the constant and updated connection of the knowledge base with the core of the syncretic methodology of managing the project portfolio of the self-managed organization. Which creates the basis for improvement, adaptation, constant updating and constant improvement of the level of technological maturity of a self-managed organization in the field of project, program and project portfolio management.

#### Weaknesses.

We-1. Scientific development and formalization of these models are at the initial stage, which does not provide a sufficiently complete picture of the possible nuances and specifics of using the proposed models in most typical cases that the project portfolio management system of a self-managed organization may encounter.

We-2. The use of syncretic methodology in practice takes place in a limited context, which does not provide an opportunity to determine statistically reliable results of its practical approbation. This general provision applies in particular to the  $\alpha$  and  $\beta$  models of project management of

the development of self-managed organizations in a syncretic context.

We-3. Syncretic methodology in general and, in particular,  $\alpha$  and  $\beta$  models of managing development projects of self-managed organizations in a syncretic context are difficult to apply. Therefore, their use by untrained, insufficiently competent teams can cause difficulties and lead to failure.

#### Opportunities.

Op-1. Implementation of methodological flexibility, as a result of which portfolio project teams can choose their own project management methodology, which will remain intact throughout the entire life cycle. In addition, providing feedback to the knowledge base provides an opportunity to improve each methodology used by the portfolio projects of the self-managed organization.

Op-2. Organizational flexibility, as a result of which the choice of methodology can occur at different phases of the life cycle of projects. In addition, team self-management opens opportunities for changing team members, team roles, team member competence, team responsibility, team management models, and other organizational settings during project implementation, which can increase the effectiveness of their implementation.

Op-3. Constantly increasing the level of technological maturity of the self-managed organization (and self-managed teams within the organization) in the field of project, program and project portfolio management thanks to the use of syncretic project management methodology in general and, in particular,  $\alpha$  and  $\beta$  project management models of the development of self-managed organizations in a syncretic context. Technological maturity will provide the basis for better efficiency in the implementation of subsequent projects and increase the competitiveness of a self-managed organization in the market of project management services.

#### Threats.

Th-1. The threat of non-acceptance or misunderstanding of syncretic project management methodology in general and, in particular,  $\alpha$  and  $\beta$  project

management models of the development of self-managed organizations in a syncretic context. As a result of the corresponding stereotype, resistance to the implementation of the methodology in a self-managed team will increase, which will increase conflict in the team and cause an unhealthy working atmosphere. This, in turn, will have a negative impact on the performance indicators of the self-managed organization's portfolio projects, and will lead to an increase in the team's efforts in implementing the specified models and methodology.

Th-2. If used unsuccessfully or unprofessionally, the effectiveness of the syncretic methodology in general and, in particular,  $\alpha$  and  $\beta$  models of managing development projects of self-managed organizations in a syncretic context, may be low. Moreover, it can cause a temporary decrease in the effectiveness of the project management system of the self-managed organization as a whole. What can distract the team from experiments and for a certain time can close the way to continuous development and improvement of the project management system in the organization.

Th-3. Methodological confusion at the level of the corporate methodology of project management in a self-managed organization, as a result of which the project methodologies will be mixed, the integrity of the syncretic methodology will be violated, which will negatively affect the progress of the portfolio projects and the achievement of the planned indicators and results by the portfolio projects, or will lead to the projects going beyond the limits established restrictions.

In general, the results of the SWOT analysis show that the opportunities of the proposed models within the proposed approach potentially outweigh the threats, and the strengths potentially outweigh the weaknesses. That is, in general, it is possible to assert the prospects of research in the chosen direction.

Therefore, it would be expedient to formalize the vectors of further research in the chosen direction and outline their prospects. Below are the main ones among such vectors.

1) Development of project management methods for the development of self-managed organizations in a syncretic context, as well as project management methods of self-managed organizations in general, taking into account the use of syncretic methodology in the project management system. A set of relevant methods of syncretic methodology should add completeness to the toolkit of a syncretic approach. Methods can be proposed for the further development of existing project management methods, taking into account the specifics of the studied projects and the context of their implementation.

2) Research and formalization of syncretic project management methodology interfaces. It is the interfaces that make the connection between the methodologies that manage the projects of the self-managed organization and the core of the syncretic methodology that are the most complex element of the mentioned approach. The integrity and non-contradiction of the syncretic methodology in general depends on the completeness of their formalization. The purpose of the interfaces is to ensure

the interpretation of models and methods from the methodology of each portfolio project in the models and methods of each other portfolio project. This should be done at the core level of the corporate project management methodology of the self-managed organization and should not cause project methodologies to mix with each other.

3) Development of the value aspect in the management of development projects of self-managed organizations, implemented on the basis of syncretic methodology. A set of values and strategic value concepts of a self-managed project-oriented organization (mission, vision, strategy, values) must be formalized and detailed. Interrelationships between the concepts of value management in the context of syncretic methodology and proposed models and methods of value management in the context of the researched type of projects should be determined.

4) Formalization of KPI (Key Performance Indicator) models and KSI (Key Success Indicator) models for projects of self-managed organizations implemented according to syncretic methodology. It is important that the specified models (or processes for processing the results of calculation of the specified models) provide for the possibility of accumulating historical data of these indicators and monitoring the dynamics of their changes, including the analysis of the factors of such changes. This will provide not only a current assessment of the effectiveness of project activities, but also provide the possibility of proactively influencing such effectiveness.

5) Formalization of models and methods of formation and development of the knowledge base of project activities of a self-managed organization that performs syncretic management. In particular, the analysis of the possible uses for the specified knowledge base of neural network models and methods, artificial intelligence, Big Data theory, Data Mining methods, etc. The use of the specified models and methods will allow (under the condition of adequate support by relevant modern IT tools) to create an up-to-date and constantly updated and modernized, effective information system supporting the functioning of the syncretic project management system (programs and project portfolios) in self-managed organizations.

**Conclusions.** There is a growing need for new methodological approaches to the management of complex modern projects and their aggregates in the conditions of the increasing turbulence of the project environment and the greater dominance of the BANI world (Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible). The war in Ukraine, caused by the aggression of the Russian Federation, has already caused and continues to cause more and more destruction. Infrastructure restoration projects are relevant, for the implementation of which, in particular, due to insufficient budget funds, experienced foreign partners are and will continue to be involved. The scale of infrastructure restoration projects determines the possibility of multiple participation in each of these projects. Different participants with different management cultures, with different tested (within their

experience) methodologies, should be able to effectively cooperate in restoration projects to achieve their greater efficiency.

The syncretic project management methodology is aimed at fulfilling such tasks. One of the characteristic features of the syncretic methodology is the provision of the ability to manage different parts of the project (or different projects in the project portfolio) using different methodologies. In this way, each of the many participants in infrastructure restoration projects can use their methodological developments without changing the usual established practice of developing their efficiency.

Today, one of the typical models developing and improving in the organizational context of project and program management is the self-management of project teams and self-managed project-oriented organizations. This aspect should be taken into account when creating modern methodologies for the management of infrastructure restoration projects in Ukraine.

In this article, the authors formulated a methodological approach of syncretic management to the implementation of infrastructure restoration projects and proposed management models for development projects of self-managed organizations in a syncretic context.

In particular, an analysis of the environment for the implementation of development projects of self-managed organizations was carried out, including the characteristics of the environment of development project management models, suitable life cycle models of development projects and the main elements of the self-managed approach for use in the studied projects. Three characteristics of the life cycle model for development projects of self-managed organizations are defined, and a four-phase model is proposed: initialization, implementation, testing, and closure. The main elements of the self-directed approach were identified for use in the studied projects, consisting of seven such elements.

Two models were also proposed - the  $\alpha$ -model and the  $\beta$ -model of managing development projects of self-managed organizations in a syncretic context. Visualization of the specified models, their description and comparative characteristics were provided.

In the development of this approach, a complex model of management of development projects of self-managed organizations was also formalized in a syncretic context, in the form of a formal eight using set theory.

Next, a SWOT analysis of the proposed models was carried out, their strengths and weaknesses, opportunities and threats that may arise as a result of their use were highlighted. A conclusion was made based on the results of the SWOT analysis. Vectors of further research in the chosen direction were formulated.

Qualified implementation of these developments in the practice of infrastructure restoration projects will potentially increase the effectiveness of such projects and portfolios of such projects. This will allow maintaining the trend of projects to comply with project limitations, supports a creative atmosphere in project teams, promotes the improvement of the competence of the members of such teams, and will increase the probability of success of projects to restore Ukraine's infrastructure and, we hope, indirectly, but bring Ukraine's victory closer.

#### References

1. Decree of the President of Ukraine dated April 21, 2022 No. 266/2022 "Questions of the National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War". *Official web site of President of Ukraine*. Access mode: <https://www.president.gov.ua/documents/2662022-42225>.
2. The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition / USA. – *Project Management Institute*, 2021. – 250 p.
3. Project Manager Competency Development Framework – Third Edition. *Project Management Institute*. 2017. Access mode: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/framework/pm-competency-development-3rd-edition>.
4. Manifesto for Agile Software Development [Електронний ресурс] / *Official site of Agile Manifesto*. – URL: <https://agilemanifesto.org/>
5. Stellman A., Greene J. (2013) Learning Agile: Understanding Scrum, XP, Lean, and Kanban. *O'Reilly Media*, 420 p.
6. Bushuyev, S., & Kozyr, B. (2020). Methodology hybridization of infrastructure projects and programs management. *Herald of the Odessa National Maritime University*, (61), 187-207. <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2020-1-5-26>.
7. Tanaka H., Bushuyev S. Innovative development and meta program management of a new generation of megaprojects in the oil & gas and infrastructure sectors *Management of Development of Complex Systems*. 16, 2014, pp. 60-68.
8. Bushuyev S.D., Bushuyeva N.S., Bushuyev D.A., Bushuyeva V.B. Strategy for sustainable development of rapid growing organizations. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser.: Strategic management, portfolio, program and project management: coll. of sci. papers*, Kharkiv, NTU "KhPI", 2022, 1 (5), pp. 23-28.
9. Kononenko I., Kpodjedo M., Morhun A., Oliinyk M. Information technology for choosing the project portfolio management approach and the optimal level of maturity of an organization. *Radioelectronic and Computer Systems*, 4, 2022, pp. 173-190.
10. Frederic Laloux. Reinventing Organisations: A Guide to Creating Organisations Inspired by the Next Stage of Human Consciousness. *Nelson Parker*. February 9, 2014, 382 p.
11. How are holacracy-powered organizations different? *Website of Holacracy Foundation*, 2020. URL: <https://www.holacracy.org/explore/why-practice-holacracy>
12. Mamoli S. Holacracy for humans. *The InfoQ eMag*. Issue 71. May 2019, pp.10-17.
13. Ivko A.V. approaches of syncretic management in road infrastructure restoration projects. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences»*. *Scientific journal*. Kyiv, National Transport University, Issue 3 (53), 2022, pp.433-442.
14. Andrii Ivko. Models of the project management system for the development of self-managed organizations in the portfolios of infrastructure renewal projects of Ukraine. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Kyiv, 2023. Iss. 28, pp. 28–37.

Received (надійшла) 15.02.2024

#### Відомості про авторів / About the Authors

**Бушуйєв Сергій Дмитрович (Bushuyev Sergey)** – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри управління проектами; тел.: (050) 469-38-39; e-mail: sbushuyev@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7815-8129>.

**Івко Андрій Володимирович (Ivko Andrii)** – кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, докторант кафедри управління проектами; тел.: (044) 244-96-90; e-mail: adrii.ivko.science@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3388-8355>.



*М. А. ГРИНЧЕНКО, В. Ю. МОСКАЛЕНКО*

## КОГНИТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ СТРАТЕГІЧНОГО АНАЛІЗУ КОНКУРЕНТНОГО СТАТУСУ ІТ-КОМПАНІЇ

В роботі розглянуто етапи стратегічного аналізу з точки зору визначення конкурентного потенціалу ІТ-компанії та ринкового клімату. Наведено підхід щодо визначення стратегічної позиції компанії на основі результатів аналізу внутрішнього потенціалу компанії та конкурентного клімату. Показано, що згідно теорії І. Ансоффа для обчислення показника конкурентного статусу компанії, який характеризує її стратегічний успіх, треба провести аналіз можливостей компанії бути конкурентоспроможною на ринку. Запропоновано визначити конкурентні можливості компанії як інтегральний показник стратегічних КРІ - ключових показників діяльності ІТ-компанії. Проведено опис системи ключових показників ефективності, яка використовується ІТ-компанією для аналізу результатів її діяльності за аспектами: фінанси, клієнти, бізнес-процеси та персонал. Обґрунтовано необхідність проведення факторного аналізу інтегрального показника конкурентних можливостей компанії для визначення стратегій розвитку аспектів її діяльності. Для цього запропоновано побудувати когнітивну модель з урахуванням стратегічного бачення розвитку ІТ-компанії на плановому періоді. Описана концептуальна основа когнітивної моделі для визначення стратегії розвитку, що встановлює послідовність стратегічних кроків, які забезпечать перехід з поточного стану ІТ-компанії до цільового. Обґрунтовано, що проведення такого моделювання дозволить визначити передумови для створення та підтримання відповідного рівня ринкової переваги компанії. Це також дозволить оцінити елементи стратегічного потенціалу компанії, наприклад, забезпеченість ресурсами для реалізації стратегій розвитку, адекватність обраної стратегії зовнішньому середовищу тощо. Побудовано когнітивну карту для відображення та виявлення сили причинно-наслідкових зв'язків між аспектами діяльності та стратегічними КРІ, значення яких характеризують досяжність мети розвитку ІТ-компанії. Обґрунтовано використання нечіткого когнітивного моделювання як засобу дослідження слабоструктурованих систем, у тому числі як інструменту стратегічного аналізу діяльності ІТ-компанії. Сформувано задачу нечіткого когнітивного моделювання для виявлення ступенів впливу аспектів діяльності на значення КРІ.

**Ключові слова:** стратегічний аналіз, показник ефективності, конкурентний статус, моделювання, інтегральний показник, когнітивна карта, експертні знання, нечітка модель, агентне моделювання.

*M. GRINCHENKO, V. MOSKALENKO*

## COGNITIVE MODELING FOR STRATEGIC ANALYSIS OF THE COMPETITIVE IT COMPANY STATUS

The stages of strategic analysis from the point of view of determining the competitive potential of the IT company and the market climate are considered. An approach to determining the company's strategic position based on the results of the analysis of the company's internal potential and competitive climate is given. It is shown that according to the theory of I. Ansoff, to calculate the indicator of the company's competitive status, which characterizes its strategic success, it is necessary to conduct an analysis of the company's opportunities to be competitive on the market. It is proposed to determine the company's competitive capabilities as an integral indicator of strategic KPIs - key indicators of the IT company's activity. A description of the system of key performance indicators, which is used by an IT company to analyze the results of its activities according to aspects: finances, customers, business processes and personnel, is described. The need to conduct a factor analysis of the integral indicator of the company's competitive capabilities to determine strategies for the development of aspects of its activity is substantiated. For this purpose, it is proposed to build a cognitive model considering the strategic vision of the development of the IT company during the planned period. The conceptual basis of the cognitive model for determining the development strategy, which establishes a sequence of strategic steps that will ensure the transition from the current state of the IT company to the target one, is described. It is substantiated that carrying out such modeling will allow to determine the prerequisites for creating and maintaining the appropriate level of the company's market advantage. It will also make it possible to assess the elements of the company's strategic potential, for example, the provision of resources for the implementation of development strategies, the adequacy of the chosen strategy to the external environment, etc. A cognitive map was built to display and identify the strength of cause-and-effect relationships between aspects of activity and strategic KPIs, the values of which characterize the achievement of the IT company's development goal. The use of fuzzy cognitive modeling as a means of researching weakly structured systems, including as a tool for strategic analysis of the IT company's activities, is substantiated. The task of fuzzy cognitive modeling was formed to identify the degrees of influence of aspects of activity on the value of the CRI.

**Keywords:** strategic analysis, performance indicator, competitive status, modeling, integral indicator, cognitive map, expert knowledge, fuzzy model, agent modeling.

**Вступ.** Для стратегічного управління ІТ-компанією є необхідність пошуку нових методів і моделей. Це обумовлено статичністю більшості наявних підходів стратегічного аналізу, заснованих на експертних знаннях, які не переводять їх у площину кількісних розрахунків. Однак зараз особливої важливості набуває врахування динаміки розвитку як зовнішнього, так й внутрішнього середовища компанії. Це повинно аналізуватися в межах моделювання процесів стратегічного управління. При цьому експертний характер інформації, що збирається, грає визначальну роль при формуванні інформаційної моделі для стратегічного аналізу.

Когнітивне моделювання є одним з перспективних інструментів стратегічного аналізу та

розв'язання інших задач управління. Як міждисциплінарний підхід до дослідження різних аспектів функціонування складних соціально-економічних систем він включає засоби обробки експертних знань за допомогою когнітивної карти і математичний апарат для вирішення проблеми динамічного аналізу ситуації, використовуючи імпульсну модель.

Дана стаття присвячена дослідженню можливості використання когнітивного моделювання у стратегічному аналізі, можливості його застосування до визначення впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на результати діяльності ІТ-компанії у тому числі на її конкурентний статус.

**Аналіз досліджень та публікацій.** У сучасних умовах функціонування ІТ-компаній перед керівниками стоїть задача вибору методів стратегічного аналізу або визначення взагалі доцільності його проведення [1].

Стратегічний аналіз проводять у п'ять етапів. Перші два етапи – виявлення місії та мети, наступні три – дослідження середовища компанії. У результаті проведення третього етапу – аналізу внутрішнього середовища, виводиться оцінка стратегічного потенціалу в рамках поставленої мети, визначаються ресурсні можливості компанії, у тому числі якість ресурсів, також аналізується достатність наявних ресурсів для реалізації бізнес-процесів та проєктів ІТ-компанії [2]. Після закінчення аналізу внутрішнього середовища виявляються сильні та слабкі сторони компанії. Сильні сторони – це можливі ключові фактори успіху. На четвертому етапі проводиться аналіз зовнішнього середовища компанії стосовно досяжності стратегічної мети та продуктових бізнес-процесів, що дозволяє оцінити стратегічний клімат або стратегічні умови, що створюються зовнішнім середовищем. В результаті оцінюються можливості та загрози [3].

П'ятий етап полягає у системному дослідженні потенціалу ІТ-компанії та конкурентного клімату. Тобто оцінюється стратегічна позиція підприємства у двовимірному просторі [4]. За горизонтальною координатою відкладається значення показника, який характеризує внутрішній потенціал компанії (*Internal Potential, IP*), за вертикальною – показник привабливості умов зовнішнього середовища – конкурентний клімат (*Competitive Climate, CC*) [5]. Тоді, значення стратегічної позиції (*Strategic Position, SP*) можна визначити як добуток потенціалу (*IP*) та клімату (*CC*):

$$SP = IP * CC. \quad (1)$$

Але стратегічна позиція підприємства – це лише статичний вимір. Вплинути на значення *SP* можна на рівні компанії лише завдяки стратегічній активності керівництва, фахівців та всього персоналу.

Отже, стратегічний успіх компанії як результат реалізації стратегічної сили часто визначається параметром, який називають конкурентною перевагою (*Competitive advantage, CA*). *CA* обчислюється як добуток стратегічної позиції (*SP*) на стратегічну активність (*SA*):

$$CA = SP * SA. \quad (2)$$

У І. Ансоффа ця величина називається «конкурентним статусом компанії» та обчислюється як добуток рівня стратегічних капіталовкладень, стратегічного нормативу (по суті, якості стратегії), нормативу можливостей (мобілізованого активністю керівництва потенціалу компанії) [5]. І. Ансофф запропонував так розраховувати конкурентний статус:

$$CA = \left( (I_f - I_k) / (I_o - I_k) \right) * (S_f / S_o) * (C_f / C_o), \quad (3)$$

де  $I_f$  – рівень стратегічних капіталовкладень компанії;

$I_k$  – критична точка обсягу капіталовкладень, що знаходяться на межі прибутків та збитків;

$I_o$  – точка оптимальних капіталовкладень, після якої збільшення капіталовкладень призводить до зниження доходу;

$S_f, S_o$  – відповідно діюча та оптимальна стратегія компанії;

$C_f, C_o$  – відповідно наявні та оптимальні можливості компанії. Аналіз можливостей компанії зазвичай проводиться за допомогою різних методів економічного аналізу, наприклад, функціонально-вартісного аналізу, фінансового аналізу платоспроможності компанії, аналізу резервів тощо.

Якщо  $CA = 1$ , то компанія зможе забезпечити собі виключно сильний статус і буде конкурентоспроможною. Якщо хоча б одна із складових  $CA = 0$ , компанія не отримає прибутку.

Зазвичай, пропонуються такі градації:

$0 < CA < 0,4$  – слабка позиція;

$0,5 < CA < 0,7$  – середня позиція;

$0,8 < CA < 1$  – сильна позиція.

Компанія має нульове значення  $CA$ , коли капіталовкладення відповідають критичній точці, коли відсутня стратегія та нема можливості у компанії забезпечити конкурентні переваги.

Проведення факторного аналізу показника конкурентного статусу компанії  $CA$  може дати інформацію щодо певних елементів стратегічного потенціалу компанії, наприклад, забезпеченість ресурсами для реалізації стратегій розвитку, адекватність обраної стратегії зовнішньому середовищу тощо.

Аналіз показника  $CA$  дає можливість визначити передумови для створення та підтримання відповідного рівня конкурентної переваги компанії. Що дозволяє вирішити головну проблему як оцінку ринкових умов для створення та підтримування на високому рівні конкурентоспроможності компанії.

Отже, конкурентний статус компанії визначається факторами успіху за такими основними напрямками:

- стратегічні капіталовкладення (у виробничі потужності, у технології, в управління тощо);
- ефективність ринкових та інших стратегій;
- ефективність поточного потенціалу (за основними сферами діяльності компанії).

І. Ансофф запропонував матрицю для аналізу та спрямування бізнес-рішень під час створення нової стратегії зростання [5]. Компанії використовували цей інструмент планування для ефективної організації маркетингових стратегій, необхідних для зростання. Ефективно впроваджуючи чітко визначену стратегію на бізнес-рівні, компанії можуть зайняти чітку позицію на ринку, залучити клієнтів і стимулювати стійке зростання [6].

У дослідженні [7] доведено вплив бізнес-стратегій на покращення конкурентних переваг малих

і середніх підприємств. Ці результати свідчать про важливість продуктивності та інновацій для підвищення конкурентної переваги. Ефективність бізнесу та інновації також є посередником у зв'язку між бізнес-стратегіями та конкурентними перевагами.

Отже, оцінюючи ринкову динаміку, аналізуючи внутрішні можливості компанії та орієнтацію на клієнтів, керівництво може приймати обґрунтовані рішення щодо створення конкурентних переваг та інструментів для ефективного покриття потреб клієнтів цільового сегменту ринку. Постійний аналіз, перегляд та адаптація стратегії розвитку є важливими для успішного виживання в бізнес-середовищі, що постійно змінюється [6].

Технологія системного аналізу на базі інструментів когнітивного моделювання, що дозволяє проводити аналіз різних тенденцій розвитку соціально-економічної системи для вибору варіантів стратегічних рішень, запропонована в багатьох роботах вітчизняних та закордонних науковців та практиків стратегічного управління [8, 9]. Наприклад, у роботі [10] доведено доцільність використання когнітивного моделювання під час реалізації стратегічних змін у діяльності компанії, що дозволяє генерувати та перевіряти гіпотези щодо сукупності факторів взаємодії для впровадження стратегічних змін.

Когнітивний аналіз використовується доволі успішно для розв'язання задач управління у секторах економіки України. Наприклад, у статті [11] викладено застосування когнітивного моделювання при управлінні процесами активізації публічно-приватного партнерства в регіонах України. Розроблено когнітивну модель впливу множини концептів на цільовий концепт «Інвестиції» та виявлено фактори, які спричиняють дисонанс системи на основі статичного аналізу

Когнітивний підхід до моделювання та управління слабкоструктурованими системами передбачає розробку формальних методів і моделей, які включають або враховують когнітивні можливості (розуміння, сприйняття, пояснення ідей), що підтримують інтелектуальний процес при вирішенні управлінських завдань [12]. Проте практика показує, що в складному та різноманітному середовищі, в якому працюють сучасні підприємства, створення універсальних інструментів є марним і не виправдовує себе [13]. Потрібна уніфікована методологія, яка дозволяє будувати когнітивні моделі для конкретних компаній на визначений період часу з урахуванням стратегічного бачення власників і менеджерів цього підприємства. У дослідженні [13] автори стверджують, що доцільно використовувати емпіричний підхід, заснований на знаннях. У рамках цього підходу концептуальна основа когнітивної моделі представлена так:

$$P(CM): S^0(C) \Rightarrow S^c(C)|_{U(P)}, \quad (4)$$

де  $P(CM)$  – повні знання проблемної області когнітивного управління;

$S^0(C)$  – поточний стан аналізованої бізнес-ситуації, заданої на когнітивній карті;

$S^c(C)$  – цільовий стан аналізованої бізнес-ситуації, заданої на когнітивній карті;

$U(P)$  – стратегія управління, що встановлює послідовність стратегічних кроків, які забезпечують перехід бізнес-ситуації від  $S^0(C)$  до  $S^c(C)$ .

Повні знання  $P(CM)$  повинні відображати накопичений теоретичний і практичний досвід проблемної області. Отже, використання такої моделі дасть можливість [13]:

- виявити протиріччя між цілями, які ставлять перед собою суб'єкти управління;

- проаналізувати ефективності керованих факторів когнітивної карти та їх значення за ступенем впливу на встановлені цілі;

- розробити різні варіанти стратегій управління («стратегія саморозвитку» та різні варіанти «стратегії керованого розвитку»);

- моделювати динаміку альтернативних стратегій управління в різних сценаріях розвитку зовнішнього середовища та вибір оптимальної стратегії;

- проаналізувати стійкість обраної стратегії в критичних ситуаціях, викликаних можливими загрозами зовнішнього середовища;

- здійснювати моніторинг стратегії в процесі її реалізації;

- проводити ретроспективний аналіз адекватності когнітивної карти та її коригування.

Нечіткі когнітивні карти (*Fuzzy cognitive maps, FCM*) широко застосовуються для аналізу складних причинно-наслідкових систем з точки зору моделювання, прийняття рішень, аналізу, прогнозування, класифікації тощо. У дослідженні [14] розглядаються застосування та тенденції *FCM* у сфері аналізу системних ризиків.

Підхід на основі когнітивної карти до координації розподілених кооперативних агентів наведено у дослідженні [15]. Надається поняття негативно-позитивно-нейронної логіки (*negative-positive-neural, NPN*), зв'язків *NPN* та нейронів зв'язаного типу. Нейронні мережі зв'язаного типу використовуються як основа для моделювання когнітивної карти. Представлено *D-POOL* - архітектуру на основі когнітивної карти для координації розподілених кооперативних агентів. *D-POOL* складається з набору розподілених вузлів. Кожен вузол є системою метарівня на основі когнітивної карти в поєднанні з локальним експертом/системою бази даних (або агентом). Щоб вирішити проблему, локальний вузол спочатку об'єднує когнітивні карти від відповідних агентів у відношенні *NPN*, яке зберігає як негативні, так і позитивні твердження. Потім виводяться нові когнітивні карти та генеруються фокуси уваги. За допомогою фокусів рішення пропонується локальним вузлом і передається до віддалених систем. Віддалені системи реагують на пропозицію, і *D-POOL* прагне до кооперативного або компромісного рішення шляхом узгодженого спілкування та обміну перспективами. Корисність *D-POOL* демонструється на двох

прикладях підтримки прийняття рішень у розподілених групах.

У [16] представлено новий метод аналізу рішень на основі когнітивної карти, заснований на негативно-позитивно-нейтральній (NPN) лозіці, пропонується ефективний алгоритм для автоматичного виконання неточних міркувань на основі інтервалів. Алгоритм виконує неточні міркування шляхом побудови зростаючого дерева.

Однак, загалом невеликий обсяг наявних публікацій з тематики застосування когнітивних технологій у стратегічному управлінні IT-компаній свідчить про недостатню поширеність даного інструментарію для аналізу IT-компаній, що дає поле для обговорення питань його реалізації у практиці зазначеного напрямку.

Більшість компаній, які надають IT-послуги, відстежують окремі стратегічні показники, щоб переконатися, що вони рухаються у правильному напрямку для досягнення стратегічної мети. На основі попередніх суджень зроблено висновок, що для комплексного проведення стратегічного аналізу треба розглядати систему показників ефективності IT-компанії (*Key Performance Indicators, KPI*) [17]. Ці показники у своїй сукупності повинні відображати конкурентний статус компанії. В результаті проведення системного аналізу показників ефективності керівництво зможе отримати інформацію щодо певних елементів стратегічного потенціалу IT-компанії. Отримані результати визначають напрямки покращення рівня конкурентної переваги IT-компанії, а саме висвітлять:

- ефективність ринкових та інших стратегій;
- ефективність поточного потенціалу за основними аспектами діяльності компанії.

**Мета роботи.** Метою роботи є обґрунтування вибору інструментарію проведення стратегічного аналізу IT-компанії як слабоструктурованої системи для визначення її конкурентного статусу. Такий аналіз потребує узгодженої обробки інформації за результатами діяльності (*KPI*).

**Вклад основного матеріалу.** Проведені дослідження доводять необхідність проведення аналізу можливостей компанії, а також розробку моделей та технологій аналізу впливу зовнішнього середовища на конкурентний статус компанії, який може бути представлений як система ключових показників ефективності компанії.

Є дев'ять показників, які найчастіше використовуються IT компаніями [18].

1. Коефіцієнт виграшу (*Win Rate, WR*). Відсоток потенційних клієнтів, яких команда з продажів може перетворити на платоспроможних клієнтів, особливо на невеликих ринках, де потенційних клієнтів мало. Низький рівень успіху у сфері IT-послуг може означати неефективну команду з продажів або неефективні бізнес-процеси, а також поганий зв'язок із цільовою аудиторією чи інші проблеми. Ключ до покращення показника *WR* - це отримання зворотного

зв'язку від керівників успішних і невдалих угод. Треба з'ясувати, що спонукало клієнта підписати угоду, як команда з продажів під час закриття угод здійснює ефективні дії. Аналіз динаміки значень такого показника дасть можливість зробити висновки щодо політики продажів, створення планів продажів, навчання команди з продажів, а також розробки заходів щодо залучення та утримання клієнтів.

2. Середній дохід на рахунок (*Average Revenue Per Account, ARPA*) характеризує фінансову цінність ключових ділових відносин з клієнтами. Вартість залучення до співпраці існуючих клієнтів у шість-сім разів нижча, ніж залучення нових клієнтів. Наприклад, було доведено, що покращення утримання клієнтів на 5% може підвищити прибуток на 25-95% [19]. Але окремо треба враховувати витрати на залучення та утримання клієнтів. Показник вартості залучення одного клієнта (*Customer Acquisition Cost, CAC*) за досліджуваній період розраховується так:

$$CAC = (\text{Витрати на продажі та маркетинг за період}) / (\text{Загальна кількість залучених клієнтів за період}).$$

Доведено, що існує більший потенціал збільшення частки доходу компанії та рентабельності інвестицій (*return on investment, ROI*) за наявності управління базою клієнтів. Статистичні дані щодо клієнтів компанії підкреслюють цінність удосконалення стратегій управління акаунтами своїх клієнтів, а також необхідність відстеження цього важливого *KPI*.

3. Середня вартість угоди (*Average Deal Value, ADV*) – ключовий показник для відділів продажів, який показує середню оцінку доходу від кожної угоди. Команді з продажів з деякими клієнтами потрібно багато контактувати, спілкуватися, але їхній середній розмір транзакції менший, ніж у інших клієнтів. Може бути так, що середній дохід на контракт високий, але є високі витрати на процес підписання угоди, що може негативно вплинути на маржу контракту. Моніторинг цього *KPI* надає керівництву інформацію про ці потенційні проблеми, а також спонукає працівати над управлінськими рішеннями, такими як впровадження автоматизованих інструментів ціноутворення та варіантів замовлення, зниження витрат відділом продажів та іншими співробітниками IT-компанії, які задіяні у роботі з підготовки контракту з клієнтами.

4. Щомісячний поточний дохід (*Monthly Recurring Revenue, MRR*) є одним із важливих фінансових показників, який використовується для вимірювання «здоров'я» бізнесу, заснованого на передплаті [20]. Інвестори, фінансові установи та партнери зазвичай аналізують його, щоб оцінити потенційні можливості злиття та поглинання (*Mergers and Acquisitions - M&A*) або кредитування діяльності компанії. Розраховується цей *KPI* так: додавання щомісячних платежів за кожним клієнтом, а потім вирахування суми продажу апаратного забезпечення та одноразових (або періодичних платежів). Збільшення продажів професійних послуг та інших регулярних платежів може значно підвищити значення *MRR*. Відстеження цього показника надає

чітке уявлення про зростання або скорочення бізнесу ІТ-компанії. За допомогою показника *MRR* можна оцінити фінансовий стан будь-якого бізнесу, визначити напрямки діяльності, які треба покращити, та спрогнозувати майбутні доходи. *MRR* відстежує кількість нових та існуючих клієнтів, які оновлюють свої плани роботи з ІТ-компанією або знижують, або збираються припинити стосунки з ІТ-компанією. Оскільки *MRR* є важливим показником для компаній, що працюють за передплатою, то цей показник рекомендовано використовувати для компаній SaaS. У роботі [21] виділяють 3 головні причини, чому показник *MRR* для компаній SaaS є важливі:

1) допомагає відстежувати прибутки. Середній *MRR* є ключовим показником для передплатного бізнесу, оскільки він вимірює зростання бізнесу. Відстеження *MRR*, а також річного регулярного доходу компанії дає змогу краще зрозуміти «здоров'я» та успіх бізнесу SaaS;

2) надає можливість зрозуміти рівень стійкості бізнесу. Дуже важливо знати, чи зможе бізнес витримати удар ринку (збільшення конкурентної боротьби на ринку, спадання попиту тощо). На основі місячного чистого регулярного доходу, отриманого від передплатників послуг SaaS та залежно від результатів загального значення *MRR*, можна вирішувати, чи зможе SaaS-бізнес пережити втрату доходу через неможливість укласти потенційну угоду з тим чи іншим клієнтом- передплатником послуг SaaS;

3) *MRR* є сильний інструментом прогнозування напрямків діяльності компанії. Маючи чітке уявлення про середній *MRR*, можна передбачити майбутні грошові потоки. Можна визначитися з майбутніми інвестиціями та поставити досяжні цілі розвитку ІТ-бізнесу.

5. Прибуток до оподаткування та амортизації (*Earnings Before Income Tax and Amortization, EBITA*) – це фінансовий показник, який використовується для оцінки операційної діяльності компанії шляхом виключення певних неопераційних витрат, таких як відсотки, податки та амортизація, з її прибутку. Це дає більш чітке уявлення про основну прибутковість компанії, полегшуючи порівняння фінансових показників різних підприємств [22]. Цей показник є одним із найважливіших показників прибутковості, на який звертають увагу інвестори, оцінюючи вартість бізнесу, особливо коли порівнюють компанії в одній галузі. Цей *KPI* дозволяє власникам та бізнес-партнерам адекватно та швидко оцінювати ефективність діяльності ІТ-компанії протягом тривалого періоду [23].

6. Рентабельність контракту (*Contract Profitability, CP*). Відстеження цього *KPI* допомагає керівникам ІТ-бізнесу керувати та підвищувати ефективність своїх операцій [24]. За даними коучингової компанії Taylor Business Group (<https://www.taylorbusinessgroup.com/>), угоди про надання ІТ-послуг повинні генерувати валовий прибуток приблизно у розмірі 65% від суми контракту. Головне – встановити реалістичні

нормативи цього показника, визначити та постійно аналізувати фактори, які найбільше впливають на маржу контракту [18].

7. Довічна або довгострокова вартість клієнта (*Client Lifetime Value, CLV*) – це прибуток отриманий від клієнта протягом усього періоду його відносин із ІТ-компанією. Значення показника визначається як сума прибутків, отриманих від клієнта компанії за весь період роботи з ним після вирахування з отриманого доходу від клієнта загальних витрат на його залучення, витрат, пов'язаних з наданням йому ІТ-послуг або продажу ІТ-продукту та витрат на обслуговування клієнта, беручи до уваги часову вартість грошей [25]. Для ІТ-компанії це показник, який допомагає їй керівництву оцінити фінансові переваги залучення та утримання кожного клієнта. Розуміння можливості отримання прибутку від довгих відносин з певним клієнтом дозволяє ІТ-компанії коригувати свої інвестиції у реалізацію програм залучення та підтримки клієнтів. [26].

8. Швидкість відтоку (*Churn Rate, CR*) – це показник, який визначає відсоток клієнтів, що компанія втрачає за певний період часу. Створюючи плани утримання або шукаючи потенційні можливості злиття та поглинання, компанії з надання ІТ-послуг повинні розуміти, наскільки їх показники *CR* співвідносяться з галузевими стандартами. Цей показник можна поєднати з довгостроковою вартістю середнього облікового запису *ADV*, щоб допомогти компанії оцінити стан бізнесу та вартість потенційних збоїв щодо підписання контрактів з клієнтом. Цей показник аналізується та враховується під час побудови квартальних і річних планів продажу.

9. Швидкість входження потенційного клієнта (*Inbound Qualified Lead Velocity, IQLV*) – це показник, який вимірює щомісячне зростання кількості кваліфікованих потенційних клієнтів для бізнесу. Іншими словами, це збільшення у відсотках нових потенційних клієнтів, які виявляють справжній інтерес до продукту чи послуги, порівняно з попереднім місяцем. Він використовується для розуміння можливостей напрямків продажів, тобто відстеження потоків потенційних клієнтів. На його основі ІТ-компанія може передбачити, які потенційні клієнти принесуть компанії найбільший дохід та найімовірніше стануть платоспроможними клієнтами. Цей *KPI* також використовується для планування найму персоналу та інвестицій, тобто для прогнозування того, які люди та інструменти будуть потрібні для підтримки існуючих і знаходження нових клієнтів. Знання щодо потенційних клієнтів забезпечує більшу визначеність щодо майбутніх продажів, і чим вища швидкість і обсяг цієї воронки продажу, тим легше приймати рішення управлінській команді щодо планування напрямків та обсягів продажу ІТ-послуг.

Отже, наведені *KPI* використовуються для аналізу результатів діяльності ІТ-компанії та для розробки планів як на короткостроковий, так і на довгостроковий період.

Для визначення конкурентного статусу компанії за формулою (3) треба визначити наявні та оптимальні можливості компанії ( $C_f, C_0$ ). Пропонуємо ці параметри визначати на основі інтегрального показника (AI), який можна розрахувати так:

$$AI = \alpha_1 \cdot \overline{Wr} + \alpha_2 \cdot \overline{Arpa} + \alpha_3 \cdot \overline{Adv} + \alpha_4 \cdot \overline{Mrr} + \alpha_5 \cdot \overline{Ebita} + \alpha_6 \cdot \overline{Cr} + \alpha_7 \cdot \overline{Clv} + \alpha_8 \cdot \overline{Cr} + \alpha_9 \cdot \overline{Iqlv} \quad (5)$$

де  $\alpha_i, i = \overline{1,9}$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го KPI, виставляються експертами в залежності від впливу значення відповідного KPI на досягнення стратегічної мети;

$\overline{Wr}, \overline{Arpa}, \overline{Adv}, \overline{Mrr}, \overline{Ebita}, \overline{Cr}, \overline{Clv}, \overline{Cr}, \overline{Iqlv}$  – нормовані KPI, тобто приведені до виміру від 0 до 1. Нормування може бути здійснено за різними методами [27]. Пропонується використати масштабування до певного діапазону.

Отже, представлення результатів діяльності на певному періоді за формулою (5) буде характеризувати наявні можливості компанії. Аналізуючи цей показник можна визначити «слабкі» та «сильні» сторони різних аспектів діяльності. У табл. 1 наведено аспекти діяльності компанії, результати яких впливають на значення стратегічних KPI. Аспекти діяльності визначені згідно з системою збалансованих показників (*balanced scorecard, BSC*) [28].

Таблиця 1 – KPI та аспекти діяльності IT- компанії

Показники ефективності	Аспекти діяльності, які пов'язані з KPI			
	Фінансові результати	Клієнти, ринок	Бізнес-процеси	Персонал, розвиток
1. Коефіцієнт вигрaшу (Wr)	+	+		+
2. Середній дохід на рахунок (Arpa)	+	+	+	+
3. Середня вартість угоди (Adv)	+			+
4. Щомісячний поточний дохід (Mrr)	+	+		
5. Прибуток до оподаткування та амортизації (Ebita)	+	+	+	+
6. Рентабельність контракту (Cr)	+		+	
7. Довічна вартість клієнта (Clv)	+	+		
8. Швидкість відтоку (Cr)	+	+		
9. Швидкість входження потенційного клієнта (Iqlv)		+		+

У межах стратегічного аналізу діяльності IT-компанії було визначено фактори впливу у вигляді аспектів діяльності на основні KPI та побудовано

когнітивну карту - карту причинно-наслідкових зв'язків (рис. 1). Як вершини графу представлені KPI та аспекти діяльності.

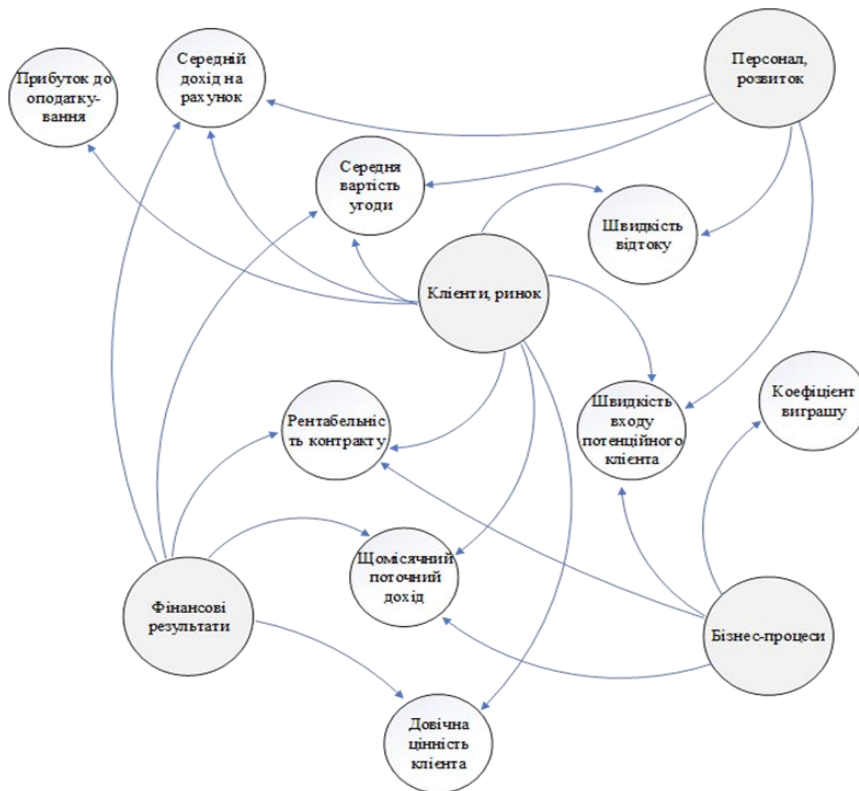


Рис. 1. Когнітивна карта з прямими зв'язками

Далі в межах стратегічного аналізу треба проаналізувати динаміку цих *KPI*, а потім визначити, у якій мірі вони відображають результати діяльності компанії за певними аспектами. Тобто провести факторний аналіз інтегрального показника (AI). За результатами такого аналізу необхідно розроблювати заходи покращення впливових аспектів в межах стратегічного планування розвитку IT-компанії. Як можна бачити з рис.1. результати аспектів діяльності відображаються у різних *KPI*. Тому пропонується далі провести нечітке когнітивне моделювання для виявлення ступенів впливу факторів на значення *KPI*.

На першому етапі когнітивного моделювання здійснено детермінацію найважливіших зворотних зв'язків, визначення полярності та лагових залежностей між змінними. Для визначення причинно-наслідкових зв'язків і лагових характеристик можна використовувати, зокрема, тести Гренджера [29], що дозволяють перевірити гіпотези про причинно-наслідкову залежність між показниками.

На даному етапі дослідження поки виділені прямі зв'язки, далі у результаті аналізу такої карти треба додати й зворотні зв'язки між *KPI*. Прийнято виділяти два типи зворотних зв'язків: балансуючі зворотні зв'язки (*balancing feedbacks, B*); посилюючі зворотні зв'язки (*reinforcing feedbacks, R*). Одиначним зворотним зв'язком є такий зворотний зв'язок, при якому часовий лаг між значеннями відповідних пов'язаних характеристик відповідає одиначному моменту часу  $t$  (тобто збігається з кроком модельного часу).

На наступних етапах дослідження треба провести побудову нечіткої когнітивної моделі. Розглянемо загальний опис такої моделі.

Нечітка когнітивна модель (НКМ) є нечітким орієнтованим графом першого роду. Нечітким орієнтованим графом [30, 31] називається пара

$$\tilde{G} = (X, \tilde{U}),$$

де:  $X = \{x_i\}$ ,  $i \in I = \{1, 2, \dots, k\}$  – чітка множина вершин (факторів);

$\tilde{U} = \{ \langle \mu_U(x_i, x_k) / (x_i, x_k) \rangle \}$  – нечітка множина ребер (дуг), де  $(x_i, x_k) \in X^2$ ;

$\mu_U(x_i, x_k)$  – ступінь належності орієнтованого ребра  $(x_i, x_k)$  нечіткій множині орієнтованих ребер  $\tilde{U}$ .

Процес поширення збурення за графом  $\tilde{G}$  визначається виразом при відомих початкових значеннях  $X(0)$  у всіх вершинах та початковому векторі збурення  $P(0)$

$$x_i(n+1) = x_i(n) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} P_j(n) + Q_i(n),$$

де  $x_i(n+1)$ ,  $x_i(n)$  – величини показника у вершині  $X$  при кроках імітації в момент  $t = n$  і наступним за ним  $t = n + 1$ ,  $n$  – такти моделювання;

$P_j(n)$  – зміна у вершині  $j$  на момент часу  $t = n$ ;

$f_{ij}$  – функція перетворення зв'язків;

$Q_i(n)$  – вектор збурень.

Внесення збурень моделює сценарій, що відповідає на питанням наукового передбачення: «А що буде з системою в момент  $t = n + 1$ , якщо ...?».

Зауважимо, що у математичній моделі НКМ розглядаються поняття «чинники», «концепти», а при розгляді орієнтованого графу – поняття вершина [32, 33].

Для аналізу зв'язків будемо використовувати експертні оцінки фахівців, які займаються управлінням складними системами. Для обробки цих оцінок пропонується використати методи теорії прийняття рішень, теорії нечітких графів і теорії ієрархічних багаторівневих систем, що розширює можливості обліку невизначеності різної природи, в тому числі ризику людського фактору – суб'єктивності, некомпетентності тощо [32].

Побудовану нечітку когнітивну модель можна використовувати разом з агентним моделюванням для визначення поточного стану аспектів діяльності IT-компанії, можливих шляхів їх розвитку та управління ними на стратегічному періоді [34].

**Висновок.** У роботі розглянуто етапи стратегічного аналізу IT-компанії. Представлено опис визначення конкурентного статусу IT-компанії та ринкового клімату. Доведено доцільність проведення аналізу показника конкурентного статусу компанії як інтегрального показника ключових показників ефективності IT-компанії. Надано опис когнітивної моделі для визначення стратегії управління компанією. Проаналізовано систему ключових показників ефективності, яка використовується для розрахунку інтегрального показника конкурентного статусу IT-компанії. Побудовано когнітивну карту, в якій відображені зв'язки стратегічних *KPI* з аспектами діяльності: фінанси, клієнти, бізнес-процеси та персонал. На основі аналізу когнітивної карти проводиться визначення ступеня впливу результатів аспектів діяльності IT-компанії на інтегральний показник її конкурентного статусу, а також вибір найбільш впливових аспектів на досяжність стратегічної мети компанії.

У подальших дослідженнях як інструмент стратегічного аналізу аспектів діяльності IT-компанії запропоновано нечітке когнітивне моделювання, яке доцільно буде провести разом з агентним моделюванням.

#### Список літератури

1. Cross S. *How To Assess Your Company's Strategic Position*. URL: <https://morganross.co.uk/strategy/how-to-assess-your-company-strategic-position/>
2. Grinchenko, M., Moskalenko, V. Information technology for strategic analysis of IT company projects. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3453, P. 128–138. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85170571566&origin=resultslist>
3. Olsen E. *Internal & External Analysis*. URL: <https://onstrategyhq.com/resources/internal-and-external-analysis/>
4. *Business-Level Strategy: Definition, Examples, and Implementation*. URL: <https://solutionshub.epam.com/blog/post/business-level-strategy-definition-examples-and-implementation>
5. Ansoff H.I., Kipley D., Lewis A.O., Helm-Stevens R., Ansoff R. *Implanting Strategic Management*. 3rd ed. Springer, 2019. 592 p.

6. Oshilalu A. Z., Baldie Y. C. Critical Strategic Analysis Forecast Of The Oil And Gas Business Unit Of General Electric Company: A Conceptual Review, 2021, Vol.4 (1). Pp. 1-12. *Research Journal of Business and Economic Management*. URL: <https://doi.org/10.31248/RJBEM2020.053>
7. Farida I, Setiawan D. Business Strategies and Competitive Advantage: The Role of Performance and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022; 8(3):163. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030163> . URL: <https://www.mdpi.com/2199-8531/8/3/163>
8. Artemenko O., Seniura N., Lozyskyi O., Web-service for Project Planning and Project Management. *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, pp.1-4, 2023. DOI: 10.1109/CSIT56902.2022.10000512
9. Karayev R.A., Mikailova R.N., Safarly I.I., Sadikhova N.Y., Imamverdiyeva X.F. (2018) Cognitive tools for dynamic analysis of enterprise business strategies. *Business Informatics*, no. 1 (43), pp. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.1.7.16
10. Bartosova V., Drobyazko S., Bielialov T., Nechyporuk L., Dzhyhora O. Company strategic change management in the open innovation system. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2023, № 2, p. 100087 <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100087>
11. Tyshhenko V., Bielikova N., Ostapenko V. Cognitive modelling in process management of publicprivate partnerships intensifying in Ukraine. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 2017, № 3. С. 294 – 303.
12. Vaara E., Sonenshein S., Boje D. *Narratives as sources of stability and change in organizations: approaches and directions for future research*. Acad. Manag. Ann., 10 (1) (2016), pp. 495-560, 10.5465/19416520.2016.1120963
13. Karayev R.A., Sadikhova N.Yu. (2020) The advantages of cognitive approach for enterprise management in modern conditions. *Business Informatics*, vol. 14, no 2, pp. 36–47. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.2.36.47
14. Ezzeddin Bakhtavar, Mahsa Valipour, Samuel Yousefi, Rehan Sadiq, Kasun Hewage. Fuzzy cognitive maps in systems risk analysis: a comprehensive review. *Complex & Intelligent Systems*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00228-2>
15. W-Ran Zhang. *A cognitive-map-based approach to the coordination of distributed cooperative agents/* Publication: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1992 DOI: 10.1109/21.141315
16. Shyi-Ming Chen. Cognitive-map-based decision analysis based on NPN logics. *Fuzzy Sets and Systems*, 1995, Volume 71, Issue 2, P. 155-163. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)00265-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)00265-9)
17. Гринченко М. А., Москаленко В. Ю. Задача прогнозування стратегічних показників діяльності іт-компанії. *Інтегроване стратегічне управління, управління портфелями, програмами, проектами: тези доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції «Інтегроване стратегічне управління, управління портфелями, програмами, проектами», 13-14 лютого 2024 р. / за ред. проф. Кононенка І. В. Харків: НТУ «ХП»*. С.31.
18. *The Nine Key Performance Indicators Every IT Company Should Track*. URL: <https://www.quotewerks.com/blog/The-Nine-Key-Performance-Indicators-Every-IT-Company-Should-Track.asp>
19. *Customer Acquisition Cost (CAC): A Guide for 2023*. URL: <https://segment.com/growth-center/customer-acquisition/cost/>
20. Verlaque M. *What is Monthly Recurring Revenue (MRR)? How is it calculated?*. URL: <https://www.saasacademy.com/blog/what-is-mrr>
21. *Total Guide to Understanding Monthly Recurring Revenue*. URL: <https://payproglobal.com/monthly-recurring-revenue/#:~:text=As%20far%20as%20its%20aim,revenue%20into%20a%20monthly%20amount>
22. *Rapid Recovery Planning Guide - a Service Leadership Asset*. URL: <https://www.service-leadership.com/news-events/news/2020/q2/>
23. Nissim, D., EBITDA, EBITA, or EBIT?. *Columbia Business School Research Paper*, 2019, No. 17-71, URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2999675>
24. *Analyzing Profitability In Contract Costing*. URL: <https://fastercapital.com/topics/analyzing-profitability-in-contract-costing.html>
25. Tiveb M, Babaniac A., Hesand M. (2014). Analyzing the applications of customer lifetime value (CLV) based on benefit segmentation for the banking sector, *2nd World Conference On Business, Economics And Management Social and Behavioral Sciences* (109), 590-594. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.511>
26. Curiskis, S., Dong, X., Jiang, F., & Scarr, M. (2023). A novel approach to predicting customer lifetime value in B2B SaaS companies. *Journal of Marketing Analytics*, 11(4), 587–601. <https://doi.org/10.1057/s41270-023-00234-6>
27. *Normalization*. URL: <https://developers.google.com/machine-learning/data-prep/transform/normalization>
28. *Benefits of a Balanced Scorecard for Performance Management*. URL: <https://www.copc.com/benefits-of-a-balanced-scorecard-for-performance-management/>
29. Ante, Lennart; Saggi, Aman. Time-Varying Bidirectional Causal Relationships between Transaction Fees and Economic Activity of Subsystems Utilizing the Ethereum Blockchain Network.. *Journal of Risk and Financial Management*. 2024. 17 (1): 19. doi:10.3390/jrfm17010019. ISSN 1911-8074.
30. Harmati, I.A. (2024). Fuzzy Cognitive Maps: Mathematical Challenges. In: *Fuzzy Cognitive Maps. Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol 427. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37959-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37959-8_8)
31. Nápoles, G. et al. (2020). Fuzzy Cognitive Modeling: Theoretical and Practical Considerations. In: Czarnowski, I., Howlett, R., Jain, L. (eds) *Intelligent Decision Technologies 2019. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 142. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8311-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8311-3_7)
32. Ginis, L.A. The Use of Fuzzy Cognitive Maps for the Analysis of Structure of Social and Economic System for the Purpose of Its Sustainable Development. (2015). *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(3 S5), 113-118. Doi:10.5901/mjss.2015.v6n3s5p113
33. Ginis L.A. Cognitive and Simulation Modeling of Regional Economic System Development/ L.A. Ginis, G.V. Gorelova, A.E. Kolodenkova. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016. Vol 6, No 5, pp. 97-103. ISSN: 2146-4138
34. Гринченко М., Москаленко В., Фонта Н. Концептуальні аспекти агентного моделювання бізнес-оточення ІТ-компанії для формування портфеля проектів. *Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проектами та програмами», Коблево, 12-15 вересня 2023 р.* Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2023. С. 69-70.

## References (transliterated)

1. Cross S. *How To Assess Your Company's Strategic Position*. URL: <https://morgancross.co.uk/strategy/how-to-assess-your-companys-strategic-position/>
2. Grinchenko, M., Moskalenko, V. Information technology for strategic analysis of IT company projects. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3453, P. 128–138. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85170571566&origin=resultlist>
3. Olsen E. *Internal & External Analysis*. URL: <https://onstrategyhq.com/resources/internal-and-external-analysis/>
4. *Business-Level Strategy: Definition, Examples, and Implementation*. URL: <https://solutionshub.epam.com/blog/post/business-level-strategy-definition-examples-and-implementation>
5. Ansoff H.I., Kipley D., Lewis A.O., Helm-Stevens R., Ansoff R. *Implanting Strategic Management*. 3rd ed. Springer, 2019. 592 p.
6. Oshilalu A. Z., Baldie Y. C. Critical Strategic Analysis Forecast Of The Oil And Gas Business Unit Of General Electric Company: A Conceptual Review, 2021, Vol.4 (1). Pp. 1-12. *Research Journal of Business and Economic Management*. URL: <https://doi.org/10.31248/RJBEM2020.053>
7. Farida I, Setiawan D. Business Strategies and Competitive Advantage: The Role of Performance and Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022; 8(3):163. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030163> . URL: <https://www.mdpi.com/2199-8531/8/3/163>
8. Artemenko O., Seniura N., Lozyskyi O., Web-service for Project Planning and Project Management. *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, pp.1-4, 2023. DOI: 10.1109/CSIT56902.2022.10000512
9. Karayev R.A., Mikailova R.N., Safarly I.I., Sadikhova N.Y., Imamverdiyeva X.F. (2018) Cognitive tools for dynamic analysis of enterprise business strategies. *Business Informatics*, no. 1 (43), pp. 7–16. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.1.7.16
10. Bartosova V., Drobyazko S., Bielialov T., Nechyporuk L., Dzhyhora O. Company strategic change management in the open innovation



- system. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2023, № 2, p. 100087 <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100087>
11. Tyshhenko V., Bielikova N., Ostapenko V. Cognitive modelling in process management of publicprivate partnerships intensifying in Ukraine. *Marketynh i menedzhment innovatsii* [Marketing and innovation management], 2017, № 3. C. 294 – 303.
  12. Vaara E., Sonenshein S., Boje D. *Narratives as sources of stability and change in organizations: approaches and directions for future research*. *Acad. Manag. Ann.*, 10 (1) (2016), pp. 495-560, 10.5465/19416520.2016.1120963
  13. Karayev R.A., Sadikhova N.Yu. (2020) The advantages of cognitive approach for enterprise management in modern conditions. *Business Informatics*, vol. 14, no 2, pp. 36–47. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.2.36.47
  14. Ezzeddin Baktavar, Mahsa Valipour, Samuel Yousefi, Rehan Sadiq, Kasun Hewage. Fuzzy cognitive maps in systems risk analysis: a comprehensive review. *Complex & Intelligent Systems*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00228-2>
  15. W-Ran Zhang. *A cognitive-map-based approach to the coordination of distributed cooperative agents*/ Publication: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1992 DOI: 10.1109/21.141315
  16. Shyi-Ming Chen. Cognitive-map-based decision analysis based on NPN logics. *Fuzzy Sets and Systems*, 1995, Volume 71, Issue 2, P. 155-163. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)00265-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)00265-9)
  17. Hrynchenko M. A., Moskalenko V. Yu. Zadacha prohozuvannia stratehichnykh pokaznykiv diialnosti IT-kompanii [The task of forecasting strategic indicators of the IT company's activity]. *Intehrovane stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy, proiektamy: tezy dopovidei KhIV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Intehrovane stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy, proiektamy»* [Integrated strategic management, management of portfolios, programs, projects: theses of reports of the 14th international scientific and practical conference "Integrated strategic management, management of portfolios, programs, projects"], 13-14 liutoho 2024 r. / za red. prof. Kononenka I. V. Kharkiv: NTU «KhPI». S.31.
  18. *The Nine Key Performance Indicators Every IT Company Should Track*. URL: <https://www.quotewerks.com/blog/The-Nine-Key-Performance-Indicators-Every-IT-Company-Should-Track.asp>
  19. *Customer Acquisition Cost (CAC): A Guide for 2023*. URL: <https://segment.com/growth-center/customer-acquisition/cost/>
  20. Verlaque M. *What is Monthly Recurring Revenue (MRR)? How is it calculated?*. URL: <https://www.saaacademy.com/blog/what-is-mrr>
  21. *Total Guide to Understanding Monthly Recurring Revenue*. URL: <https://payproglobal.com/monthly-recurring-revenue/#:~:text=As%20far%20as%20its%20aim,revenue%20into%20a%20monthly%20amount>
  22. *Rapid Recovery Planning Guide - a Service Leadership Asset*. URL: <https://www.service-leadership.com/news-events/news/2020/q2/>
  23. Nissim, D., EBITDA, EBITA, or EBIT?. *Columbia Business School Research Paper*, 2019. No. 17-71, URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2999675>
  24. Analyzing Profitability In Contract Costing. URL: <https://fastercapital.com/topics/analyzing-profitability-in-contract-costing.html>
  25. Tiveb M, Babaniac A., Hesand M. (2014). Analyzing the applications of customer lifetime value (CLV) based on benefit segmentation for the banking sector, *2nd World Conference On Business, Economics And Management Social and Behavioral Sciences* (109), 590-594. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.511>
  26. Curiskis, S., Dong, X., Jiang, F., & Scarr, M. (2023). A novel approach to predicting customer lifetime value in B2B SaaS companies. *Journal of Marketing Analytics*, 11(4), 587–601. <https://doi.org/10.1057/s41270-023-00234-6>
  27. *Normalization*. URL: <https://developers.google.com/machine-learning/data-prep/transform/normalization>
  28. *Benefits of a Balanced Scorecard for Performance Management*. URL: <https://www.copc.com/benefits-of-a-balanced-scorecard-for-performance-management/>
  29. Ante, Lennart; Saggiu, Aman. Time-Varying Bidirectional Causal Relationships between Transaction Fees and Economic Activity of Subsystems Utilizing the Ethereum Blockchain Network. *Journal of Risk and Financial Management*. 2024. 17 (1): 19. doi:10.3390/jrfm17010019. ISSN 1911-8074.
  30. Harmati, I.A. (2024). Fuzzy Cognitive Maps: Mathematical Challenges. In: *Fuzzy Cognitive Maps. Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol 427. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37959-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37959-8_8)
  31. Nápoles, G. et al. (2020). Fuzzy Cognitive Modeling: Theoretical and Practical Considerations. In: Czarnowski, I., Howlett, R., Jain, L. (eds) *Intelligent Decision Technologies 2019. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 142. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8311-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8311-3_7)
  32. Ginis, L.A. The Use of Fuzzy Cognitive Maps for the Analysis of Structure of Social and Economic System for the Purpose of Its Sustainable Development. (2015). *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(3 S5), 113-118. Doi:10.5901/mjss.2015.v6n3s5p113
  33. Ginis L.A. Cognitive and Simulation Modeling of Regional Economic System Development/ L.A. Ginis, G.V. Gorelova, A.E. Kolodenkova. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016. Vol 6, No 5, pp. 97-103. ISSN: 2146-4138
  34. Hrynchenko M., Moskalenko V., Fonta N. Kontseptualni aspekty ahentnoho modeliuвання biznes-otochennia IT-kompanii dlia formuvannia portfelia proiektiv [Conceptual aspects of agent modeling of the business environment of an IT company for the formation of a project portfolio]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Intelektualni informatsiini systemy v upravlinni proiektamy ta prohramamy»* [International Scientific and Practical Conference "Intelligent Information Systems in Project and Program Management"], Koblevo, 12–15 veresnia 2023 r. Zbirnyk prats. Kharkiv: KhNURE, 2023. P. 69-70.

Hadziusha (received) 25.01.2024

#### Відомості про авторів / About the Authors

**Гринченко Марина Анатоліївна (Grinchenko Marina)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувачка кафедри стратегічного управління, м. Харків, Україна; e-mail: [marinagrunchenko@gmail.com](mailto:marinagrunchenko@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8383-2675>

**Москаленко Володимир Юрійович (Moskalenko Volodymyr)** – аспірант кафедри стратегічного управління, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [vladimir.moskalenko@outlook.com](mailto:vladimir.moskalenko@outlook.com); ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2759-3550>.

**О. О. ЛИСЕНКО, І. В. КОНОНЕНКО**

## СПЕЦИФІКА ТА СКЛАДНІСТЬ МІГРАЦІЇ СТОРОННІХ ІНСТРУМЕНТІВ В ІТ ПРОЄКТАХ

Виконаний аналіз релевантності проблеми міграції сторонніх інструментів в ІТ проєктах, котрій притаманні регулярність та наявність викликів для розробників щодо прийняття рішень. Аналіз показує, що міграція сторонніх інструментів вимагає від розробників не лише технічних знань та навичок, але й глибокого розуміння стратегій управління міграцією, методів оцінки ризиків, та здатності інтегрувати нові інструменти в існуючі проєкти без негативного впливу на робочий процес. Розглянута безпосередньо сама необхідність міграції сторонніх інструментів у сфері ІТ, яка є важливим аспектом для забезпечення актуальності, ефективності, та інноваційності програмного забезпечення в умовах технологічного ландшафту, який швидко змінюється. Основна увага приділяється огляду сучасних досліджень та методологій, спрямованих на спрощення процесу міграції інструментів, зменшення витрат на розробку та підтримку, а також підвищення безпеки програмного забезпечення. Розглянуті пропозиції щодо комплексних підходів до управління міграціями, що охоплює використання автоматизованих систем для аналізу великих обсягів даних про історію змін у проєктах, оцінку ризиків, та ефективну комунікацію між усіма учасниками проєкту. Розглядається обґрунтування значущості міграції сторонніх інструментів для забезпечення сталого розвитку програмного забезпечення в умовах динамічного технологічного середовища. Зазначена необхідність подальших досліджень у цій галузі, спрямованих на розробку нових інструментів і методологій для оптимізації процесу міграції, з метою підвищення продуктивності розробників і забезпечення високої якості кінцевих програмних продуктів. Підкреслюється важливість систематичного та комплексного підходу до міграції сторонніх інструментів, що базується на детальному аналізі даних, глибокому розумінні ризиків, ефективній комунікації та застосуванні сучасних технологічних рішень.

**Ключові слова:** сторонні бібліотеки, сторонні інструменти, міграція сторонніх бібліотек, рекомендація сторонніх бібліотек, мультиметричний рейтинг, прийняття сторонніх бібліотек, вибір сторонніх бібліотек.

**A. LYSENKO, I. KONONENKO**

## SPECIFICS AND COMPLEXITY OF THIRD-PARTY LIBRARY MIGRATIONS IN IT-PROJECTS

An analysis has been conducted on the relevance of the problem of migrating third-party tools in IT projects, which is characterized by regularity and presents challenges for developers in terms of decision-making. The analysis shows that the migration of third-party tools requires developers not only to have technical knowledge and skills but also a deep understanding of migration management strategies, risk assessment methods, and the ability to integrate new tools into existing projects without negatively impacting the workflow. The necessity of migrating third-party tools in the IT field, which is a crucial aspect for ensuring the relevance, efficiency, and innovation of software in a rapidly changing technological landscape, is directly considered. Main attention is given to the review of modern research and methodologies aimed at simplifying the process of tool migration, reducing development and support costs, and enhancing software security. Proposals regarding comprehensive approaches to managing migrations are considered, including the use of automated systems for analyzing large volumes of data about the history of changes in projects, risk assessment, and effective communication among all project participants. The justification for the significance of migrating third-party tools to ensure the sustainable development of software in a dynamically changing technological environment is discussed. The need for further research in this field is highlighted, aimed at developing new tools and methodologies to optimize the migration process, with the goal of enhancing developer productivity and ensuring the high quality of final software products. The importance of a systematic and comprehensive approach to migrating third-party tools, based on detailed data analysis, a deep understanding of risks, effective communication, and the application of modern technological solutions, is emphasized.

**Keywords:** library migration, third-party dependency migration, library recommendation, multi-metric ranking, library adoption, library selection.

**Вступ.** Сучасна ІТ індустрія характеризується швидкими темпами розвитку, що породжує необхідність у міграції сторонніх інструментів, включаючи технології, фреймворки, бібліотеки та API. Ці інструменти відіграють ключову роль у підвищенні ефективності та якості програмного забезпечення, однак постійна потреба в їх оновленні ставить перед фахівцями складні завдання. Проблема міграції тісно пов'язана з забезпеченням безпеки, оптимізацією витрат та підвищенням продуктивності розробників. Відповідно, ефективне управління процесом міграції є критично важливим для розвитку якісного програмного забезпечення.

**Мета статті.** Проведення огляду та аналізу сучасних підходів, методологій та інструментів у контексті міграції сторонніх інструментів у розробці ІТ проєктів. Стаття висвітлює ключові аспекти, проблеми та виклики, пов'язані з міграціями як процесами, а також узагальнює ефективні стратегії управління міграціями щодо підвищення продуктивності розробників, оптимізації витрат на розробку та

забезпечення безпеки програмного продукту. Визначаються потенційні зони подальших досліджень.

**Поширеність та необхідність міграцій сторонніх інструментів.** На часі спостерігається висока динаміка розвитку у сфері технологій, особливо в ІТ індустрії, де однією із релевантних тем є постійні зміни та оновлення сторонніх допоміжних інструментів розробки ПЗ, що вже є звичайним явищем. До сторонніх інструментів відносяться технології, фреймворки, бібліотеки та API, котрим притаманне різноманіття та вирішення конкретних задач, використовуючи експертно перевірені підходи. У дослідженнях [1, 2] наголошується, що використання сторонніх інструментів з готовими до використання функціями є загальноприйнятою практикою в розробці програмного забезпечення вже тривалий час, що підвищує якість продукту та продуктивність розробки [3].

Використання сторонніх інструментів заохочує до практики повторного використання програмного коду та дає можливість розробникам зосередитись на

© О. О. Лисенко, І. В. Кононенко, 2024

розробці функціональності програмного продукту. У роботі [2] зазначається, що використання інструментів є практикою для прискорення розробки програмних систем і, як наслідок, для зниження їх вартості [4]. Програмні інструменти надають розробникам спеціалізовану функціональність, яка є корисною під час розробки програмного забезпечення [5]. Розробникам не потрібно "винаходити колесо" кожного разу, а шукати інструменти, які відповідають їхнім цілям та очікуванням [6].

На практиці, сторонні інструменти інтегруються до проектів у вигляді зовнішніх залежностей, котрі завантажуються на етапі компіляції проекту через централізовані хостингові сервіси (наприклад, Maven Central [7], GitHub [8], NPM [9], PyPI [10]).

За ініціативи дослідників [1], котрими було знайдено джерело із статистичними даними [7] щодо числа публікацій нових інструментів у сервісі Maven Central, пропонується розглянути релевантний період - з 2015 до 2022 років на рис.1, де спостерігається зростання кількості інструментів з 364,961 до 2,251,027.

Published Packages by Year

2023	1,657,878
2022	2,251,027
2021	2,045,263
2020	1,435,839
2019	1,223,821
2018	929,167
2017	712,956
2016	542,799
2015	364,961

Рис. 1. Кількість опублікованих сторонніх інструментів у Maven Central сервісі [7] за період з 2015 по 2023 рр.

Такий показник підтверджує релевантність теми постійного характеру змін та оновлень сторонніх інструментів, а також підтеми – заміни сторонніх інструментів із часом. В той же час, статистичні дані очевидно свідчать про наявність конкуренції серед сторонніх інструментів, де колективи розробників та навіть компанії постачають інструменти у стані готовності до інтеграції у інші програмні проекти.

У дослідженні [1] авторами визначається, наскільки поширеними є міграції інструментів. Статистичні дані на рис. 2 підтверджують широке застосування цієї практики.

За даними 19652 досліджених проектів [1] на Java було виявлено, що для 41,04% проектів характерним є принаймні одне видалення інструменту та для 28.72% проектів - потенційно одна міграція інструменту. Міграції інструментів більш ймовірні серед проектів з більшою кількістю зафіксованих змін у вигляді Git ревізій та набору залежностей. При розгляді середніх за розміром проектів встановили, що проекти з видаленнями інструментів мали одне видалення на 139 ревізій, а проекти з міграціями мали від 2 до 4 міграцій в цілому.

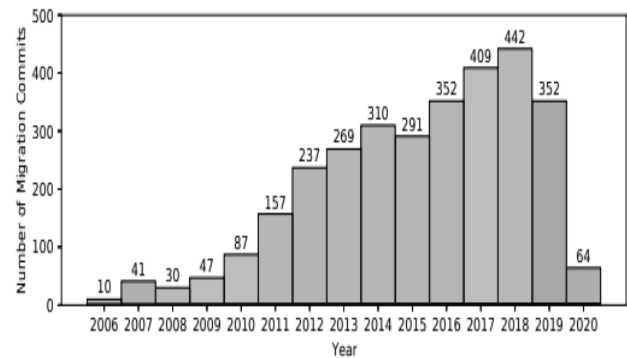


Рис. 2. Кількість міграцій сторонніх інструментів для проектів [1] у період з 2006 по 2020 рр. [6]

**Складність питання міграції сторонніх інструментів.** Впровадження сторонніх інструментів створює унікальні виклики для розробників на всіх етапах життєвого циклу програмного забезпечення [11]. Зважаючи на широкий спектр доступних інструментів, навіть завдання вибору правильного інструменту для певної мети стає непростим [1, 2], в якому потрібно враховувати складні соціотехнічні фактори [12, 13]. При чому завдання вибору стороннього інструменту може бути при таких сценаріях:

- коли інструмент за призначенням впроваджується на проект вперше, та ще немає у проекті альтернативних інструментів у вигляді залежностей;

- коли інструмент розглядається як заміна існуючому через застарілість останнього або соціотехнічні фактори.

Дослідницьким шляхом [2] було встановлено, що недостатньо якісний та суб'єктивний вибір стороннього інструменту може серйозно вплинути на програмний проект з точки зору витрат, часу та зусиль розробки, причому ступінь впливу залежить, серед іншого, від ролі інструменту в архітектурі програмного забезпечення. Та незважаючи на важливість слідування ретельному процесу вибору, на практиці вибір сторонніх інструментів здійснюється спонтанно, без належного та достатнього процесу, але, все ж таки, десятки факторів грають впливову роль у прийнятті рішення.

Може виникнути питання "Чи слід взагалі проводити заміни інструментів, якщо це не так легко та швидко?". Відповідь: так, безумовно, тому що за результатами дослідження [1] зростає стурбованість щодо ризиків використання застарілих інструментів, бо вони можуть містити або впливати на безпекові вразливості та невирішені проблеми або породжувати їх [14, 15, 16, 17], що викликає сумніви у звичній стратегії "Якщо все працює, не чіпайте". Також, відомо, що невдачі або невідповідності із інструментом можуть все ж таки відбуватися та не буде вважатися достатнім лише оновлення версії інструменту [1]. У таких випадках, інструмент необхідно повністю видалити та замінити іншим, що в

літературі називається міграцією інструментів [18, 19, 20, 21, 22].

Тобто, як висновок, існує щонайменше два напрямки щодо дослідницького руху:

- вивчення характеристик, причин та чинників щодо оновлення інструментів [23, 24, 25]. Вже існує велика кількість досліджень стосовно характеристик та розуміння прийняття інструментів [13, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32] та оновлень інструментів [17, 23, 25, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40];

- пошук та пропонування промислових рішень [41, 42, 43], які прагнуть підтримувати актуальність та вільність від вразливостей. Дослідження та розвиток щодо міграції інструментів [20, 21, 22, 23, 44, 45] тривають, але отримані результати ще є фрагментарними та неповними, та потребують систематизації або доповнення чи покращення.

**Комунікація як складова міграції сторонніх інструментів.** У дослідженні [1] зазначається, що процес міграції сторонніх інструментів складається із трьох необхідних етапів робіт: обґрунтування необхідності міграції, знаходження найкращого інструменту та модифікація коду для використання нового інструменту. Невід'ємною частиною перших 2х етапів є проведення дискусій між розробниками в системах відстеження проблем [20], оскільки це дає змогу полегшувати роботу через оцінювання очікуваних витрат та обмін знаннями щодо переваг. Але такі обговорення можуть не призвести до міграції, якщо не досягнуто консенсусу або сприйняті переваги не переважають витрати. За результатами дослідження [20] було встановлено, що серед 49 спроб міграції інструменту логування в проєктах ASF, лише у 14 випадках є відмова від міграції через неможливість досягнення консенсусу серед розробників та менеджерів щодо необхідності міграції (у 4 проєктах із 14 або 28%) та через невиконання необхідних змін у коді проєкту протягом міграції (у 6 проєктах із 14 або 42%).

**Фактори та причини міграцій сторонніх інструментів.** Під час обговорення розробниками переваг кожного із кандидатів на міграцію інструменту, у дослідженні [1] приводять 14 різних факторів. Найчастішими вважаються відсутність обслуговування, функціональності, зручності використання, вимоги проєкту та спрощення залежностей. Міграція може відбуватись тому, що інструмент є застарілим та/або не має вже підтримки, і проєкт вирішує використовувати інший інструмент, який рекомендується та підтримується спільнотою. У дослідженні [21] згадується "застарілість" як причина для міграції, але автори [1] додатково підкреслюють, що основна турбота полягає у з'ясуванні, чи інструмент все ще підтримується, та визнанні відсутності підтримки (наприклад, поява оголошення про завершення терміну служби), яка часто стимулює міграції.

Найчастіше згадувана причина у заміні інструменту полягає в тому, що новий інструмент є

зручнішим у використанні, має приємне API, призводить до більш чистого коду, зрозумілішого налаштування, читабельних тестів або є гнучким для розробників, щоб за потреби змінювати реалізацію. Велика кількість міграцій також відбувається тому, що інструмент має специфічні функції, які попередній аналог не може надати. Поширені випадки міграції включають: міграцію з однієї версії на іншу версію [32], з одного API на інше API [46], з однієї мови програмування на іншу мову програмування [47], з однієї платформи на іншу платформу [48], або з одного інструменту на інший [19, 20, 21, 22].

Найпоширенішою причиною є необхідність інтеграції інструменту з іншими компонентами проєкту для досягнення конкретних цілей, уникнення проблем або забезпечення сумісності [1]. Деякі міграції відбуваються для спрощення використання інструментів в проєкті, досягнення консистентного стилю або очищення від непотрібних залежностей, як запобіжний захід для контролю складності проєкту, усунення технічного боргу та, можливо, зменшення зусиль, необхідних для майбутнього обслуговування [20]. Авторами досліджень [1, 2] було запропоновано згрупувати фактори у три категорії (див. табл. 1).

Таблиця 1– Факторні групи, які враховуються при заміні інструментів розробки

технічні	людські	економічні фактори
- функціональність - якісні атрибути - тип проєкту - процес випуску	- зацікавлені сторони - організація - індивідуальні - спільнота	- вартість володіння - ризик

Проте, часто непросто знайти гарний цільовий сторонній інструмент або вибрати серед численних кандидатів [47, 48, 49]. Списки, створені спільнотою, такі як awesome-java [50] та AlternativeTo [51], часто бувають неінформативними та містять бібліотеки низької якості, тоді як блоги та статті зазвичай опираються на особисті думки і застарілі [48]. Легкодоступні метрики, такі як популярність та частота оновлень, мають обмежену корисність, і вони варіюються залежно від сфери [49]. На практиці, проєкти в промисловості часто покладаються на думку експертів у галузі для прийняття рішень про міграцію [52], тоді як у відкритих проєктах міграція бібліотек відбувається лише тоді, коли основні розробники досягають консенсусу в обговореннях [53]. У будь-якому випадку, міграція не гарантує що буде відповідною, економічно вигідною або корисною для проєкту.

**Підтримка рішення при міграції сторонніх інструментів.** Дослідники запропонували декілька підходів для пошуку факту здійснення міграцій бібліотек, аналізуючи вибірки даних щодо розробки – історії змін коду [54, 55, 56] у вигляді ревізій, котрі розташовуються у GitHub сервісі. Спочатку

відбувається пошук фактів здійснених міграцій серед деякої кількості проєктів. На базі знайдених фактів далі формуються асоціативні правила, котрі у подальшому експертно фільтруються та фільтруються на основі частоти їх появи [54] або пов'язаних змін коду [56]. Однак, запропоновані підходи страждають від низького охоплення [54, 56], або низької точності [54, 55] з двох причин: визначається глобальний поріг фільтрації (котрий не є ефективним для всіх сценаріїв міграції) та цінні джерела інформації не враховуються в метриках фільтрації. Корисність наведених підходів обмежена, оскільки низька точність призводить до високих зусиль людини при інспектуванні, а низьке охоплення перешкоджає розробникам у прийнятті оптимальних рішень, оскільки деякі можливості міграції можуть бути пропущені.

Для покращення ефективності цих підходів [54, 55, 56], авторами роботи [57] було запропоновано новий підхід для автоматизованого рекомендування цільових бібліотек міграції з історій існуючої розробки програмного забезпечення. На відміну від фільтрації, автори зосереджуються на ранжуванні, оскільки відносні позиції ранжування більш стійкі до змін метрик та параметрів. Згідно підходу [57] відбувається пошук кандидатів на зміну бібліотеки серед послідовностей, котрі описують зміни залежностей у проєкті, аналізуючи велику кількість історій розробки програмного забезпечення. Після цього кандидати ранжуються на основі комбінації чотирьох ретельно розроблених метрик: підтримка правил, підтримка повідомлень, підтримка відстані та підтримка API. Метрики розроблені для виявлення різних джерел доказів з даних та визначення ймовірних цілей міграції на основі цих доказів. Нарешті, релевантні цільові бібліотеки, їх метрики та відповідні випадки міграції повертаються для людської інспекції.

Серед опублікованої значної кількості досліджень у сфері рекомендацій сторонніх бібліотек [58, 59, 60], переважно використовується метод пошуку асоціативних правил [61]. Ефективність цієї техніки у рекомендаціях бібліотек значно залежить від ймовірності їх спільного використання. Автори дослідження [60] розробили систему для рекомендації інструментів на основі їх спільного використання у певному наборі проєктів. Цей підхід передбачає, що команда розробників вже знайома з деякими необхідними бібліотеками і лише потребує визначення альтернатив до них. Однак на практиці вони можуть мати обмежені знання про сторонні бібліотеки.

Початкове припущення не завжди відображає реальність програмних проєктів. Не гарантовано, що команда розробників буде знайома з усіма типами сторонніх бібліотек. Навіть якщо вони мають деякі знання, вони можуть варіюватися за глибиною. Багато сторонніх бібліотек використовуються не тільки з однією метою або особливістю. Тому існує нагальна потреба у системі рекомендацій, заснованій на більш загальному припущенні, для допомоги розробникам.

Технологія пошуку тексту пропонує рішення цієї проблеми, висвітлюючи підхід дослідників [60]. Як об'єкти дослідження автори аналізували опис програмних продуктів та опис інструментів розробки через пошук текстів. Далі за знайденими вибірками встановлювались зв'язки, котрі створюють базу для покращення рекомендацій бібліотек. Тобто підхід використовує багатий інформаційний зміст описів для створення більш обізнаної та ефективної системи рекомендацій.

Метод автоматизованого аналізу тексту включає комбінацію Латентного розподілення Діріхле (LDA) [62] та колаборативної фільтрації [63, 64, 65] для формування рекомендацій щодо вибору сторонніх бібліотек у розробці програмного забезпечення. Латентне розподілення Діріхле є генеративною ймовірнісною моделлю для аналізу колекцій дискретних даних, наприклад, текстових корпусів. Ця модель представляє собою трьохрівневу ієрархічну баєсову модель, де кожен елемент колекції розглядається як скінченна суміш різних тем. З іншого боку, колаборативна фільтрація — це процес відбору інформації чи шаблонів, що здійснюється за допомогою методів, що базуються на взаємодії множини агентів. У рамках цієї фільтрації програмне забезпечення виступає як окрема сутність, яку порівнюють з іншими сутностями в наборі даних для створення списку найбільш подібних сутностей, заснованого на метриці відстані. На основі цього аналізу формуються рекомендації для цільової сутності, засновані на подібності з іншими сутностями.

**Висновки.** Сторонні інструменти є невід'ємною частиною сучасної розробки програмного забезпечення. Вони сприяють підвищенню якості продукту та ефективності розробки, дозволяючи розробникам зосередитися на створенні функціональності. Вибір та міграція сторонніх інструментів є складним процесом, що вимагає врахування різноманітних соціотехнічних факторів. Неправильний вибір може негативно вплинути на проєкт, збільшуючи витрати та зусилля на розробку.

Ефективна комунікація між розробниками є ключовою для успішної міграції сторонніх інструментів. Обговорення та обмін знаннями сприяють знаходженню найкращих рішень та зменшенню ризиків, пов'язаних з міграцією. Аналіз виявив потенційну зону щодо покращення процесу комунікації між розробниками інтегруючи деякі техніки гнучких методологій управління проєктами.

Використання автоматизованих систем рекомендацій, заснованих на аналізі історії змін коду та метриках, може поліпшити процес вибору та міграції сторонніх інструментів. Це дозволяє розробникам приймати більш обґрунтовані рішення. Аналіз виявив потенційну зону щодо впровадження альтернативних підходів, котрі ґрунтуються на використанні закритих баз знань та принципів їх підтримки.

У світі, де технології швидко розвиваються, розробникам необхідно постійно оновлювати свої знання та вміння, щоб ефективно вибирати та інтегрувати найкращі сторонні інструменти у свої проекти. Існує впевненість щодо ефективності використання закритих баз знань, оскільки усі експертні знання проходять декілька етапів перевірок та як результат відповідають стандартам та практикам розробки корпорації.

#### Список літератури

- He H., He R., Gu H., Zhou M. A Large-Scale Empirical Study on Java Library Migrations: Prevalence, Trends, and Rationales. *Proceedings of the 29th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE 2021)* (Athens, Greece). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021. P. 478–490.
- Larios Vargas E., Aniche M., Treude C., Bruntink M., Gousios G. Selecting Third-Party Libraries: The Practitioners' Perspective. *Proceedings of the 28th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE '20)*, November 8–13, 2020, Virtual Event, USA. New York, NY, USA: ACM, 2020. 12 pages. Available from: <https://doi.org/10.1145/3368089.3409711>
- Mohagheghi Parastoo, Conradi Reidar. Quality, Productivity and Economic Benefits of Software Reuse: A review of Industrial Studies. *Empir. Softw. Eng.* 2007. Vol. 12, No. 5. P. 471–516. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-007-9040-x>
- Mojica I. J., Adams B., Nagappan M., Dienst S., Berger T., Hassan A. E. A Large-Scale Empirical Study on Software Reuse in Mobile Apps. *IEEE Software*, March 2014. Vol. 31, No. 2. P. 78–86. Available from: <https://doi.org/10.1109/MS.2013.142>
- Li M., Wang W., Wang P., Wang S., Wu D., Liu J., Xue R., Huo W. LibD: Scalable and Precise Third-Party Library Detection in Android Markets. *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering (ICSE)*. 2017. P. 335–346. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICSE.2017.38>
- Nguyen P. T., Di Rocco J., Di Ruscio D., Di Penta M. CrossRec: Supporting software developers by recommending third-party libraries. *Journal of Systems and Software*. 2020. Vol. 161. Article 110460. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110460>
- MvnRepository. *Maven Central Repository* [Electronic resource]. 2021. Available from: <https://mvnrepository.com/repos/central>
- GitHub* [Electronic resource]. Available at: <https://github.com/>
- npm, Inc. npm | Build amazing things* [Electronic resource]. 2021. Available at: <https://www.npmjs.com/>
- Python Software Foundation. PyPI: the Python package index* [Electronic resource]. 2021. Available at: <https://pypi.org/>
- Cox Russ. Surviving software dependencies. *Commun. ACM*. 2019. Vol. 62, No. 9. P. 36–43. Available from: <https://doi.org/10.1145/3347446>
- Pano Amantia, Graziotin Daniel, Abrahamsson Pekka. Factors and actors leading to the adoption of a JavaScript framework. *Empir. Softw. Eng.* 2018. Vol. 23, No. 6. P. 3503–3534. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-018-9613-x>
- Larios Vargas Enrique, Aniche Mauricio Finavaro, Treude Christoph, Bruntink Magiel, Gousios Georgios. Selecting third-party libraries: the practitioners' perspective. *ESEC/FSE '20: 28th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, Virtual Event, USA, November 8-13, 2020*. ACM, 2020. P. 245–256. Available from: <https://doi.org/10.1145/3368089.3409711>
- Alfadel Mahmoud, Costa Diego Elias, Shihab Emad. Empirical Analysis of Security Vulnerabilities in Python Packages. *28th IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER 2021)*, Honolulu, HI, USA, March 9-12, 2021. IEEE, 2021. P. 446–457. Available from: <https://doi.org/10.1109/SANER50967.2021.00048>
- Decan Alexandre, Mens Tom, Constantinou Eleni. On the impact of security vulnerabilities in the npm package dependency network. *Proceedings of the 15th International Conference on Mining Software Repositories (MSR 2018)*, Gothenburg, Sweden, May 28-29, 2018. ACM, 2018. P. 181–191. Available from: <https://doi.org/10.1145/3196398.3196401>
- Pashchenko Ivan, Plate Henrik, Ponta Serena Elisa, Sabetta Antonino, Massacci Fabio. Vulnerable open source dependencies: counting those that matter. *Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2018)*, Oulu, Finland, October 11-12, 2018. ACM, 2018. P. 42:1–42:10. Available from: <https://doi.org/10.1145/3239235.3268920>
- Zimmermann Markus, Staicu Cristian-Alexandru, Tenny Cam, Pradel Michael. Small World with High Risks: A Study of Security Threats in the npm Ecosystem. *28th USENIX Security Symposium, USENIX Security 2019*, Santa Clara, CA, USA, August 14-16, 2019. USENIX Association, 2019. P. 995–1010.
- He Hao, Xu Yulin, Cheng Xiao, Liang Guangtai, Zhou Minghui. MigrationAdvisor: Recommending Library Migrations from Large-Scale Open-Source Data. *43rd IEEE/ACM International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings, ICSE Companion 2021, Madrid, Spain, May 25-28, 2021*. IEEE, 2021. P. 9–12. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICSE-Companion52605.2021.00023>
- He Hao, Xu Yulin, Ma Yixiao, Xu Yifei, Liang Guangtai, Zhou Minghui. A Multi-Metric Ranking Approach for Library Migration Recommendations. *28th IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering, SANER 2021, Honolulu, HI, USA, March 9-12, 2021*. IEEE, 2021. P. 72–83. Available from: <https://doi.org/10.1109/SANER50967.2021.00016>
- Kabinna Suhas, Bezemer Cor-Paul, Shang Weiyi, Hassan Ahmed E. Logging library migrations: A case study for the Apache Software Foundation projects. *Proceedings of the 13th International Conference on Mining Software Repositories, MSR 2016, Austin, TX, USA, May 14-22, 2016*. ACM, 2016. P. 154–164. Available from: <https://doi.org/10.1145/2901739.2901769>
- Teyton Cédric, Falleri Jean-Rémy, Blanc Xavier. Mining Library Migration Graphs. *19th Working Conference on Reverse Engineering, WCRE 2012, Kingston, ON, Canada, October 15-18, 2012*. IEEE Computer Society, 2012. P. 289–298. Available from: <https://doi.org/10.1109/WCRE.2012.38>
- Teyton Cédric, Falleri Jean-Rémy, Palyart Marc, Blanc Xavier. A study of library migrations in Java. *J. Softw. Evol. Process*. 2014. Vol. 26, No. 11. P. 1030–1052. Available from: <https://doi.org/10.1002/smr.1660>
- Bavota Gabriele, Canfora Gerardo, Di Penta Massimiliano, Oliveto Rocco, Panichella Sebastiano. How the Apache community upgrades dependencies: an evolutionary study. *Empir. Softw. Eng.* 2015. Vol. 20, No. 5. P. 1275–1317. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-014-9325-9>
- Kula Raula Gaikovina, Germán Daniel M., Ouni Ali, Ishio Takashi, Inoue Katsuro. Do developers update their library dependencies? - An empirical study on the impact of security advisories on library migration. *Empir. Softw. Eng.* 2018. Vol. 23, No. 1. P. 384–417. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-017-9521-5>
- Zerouali Ahmed, Constantinou Eleni, Mens Tom, Robles Gregorio, González-Barahona Jesús M. An Empirical Analysis of Technical Lag in npm Package Dependencies. *New Opportunities for Software Reuse - 17th International Conference, ICSR 2018, Madrid, Spain, May 21-23, 2018*. Proceedings. Springer, 2018. P. 95–110. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-90421-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-90421-4_6)
- López de la Mora Fernando, Nadi Sarah. An Empirical Study of Metric-based Comparisons of Software Libraries. *Proceedings of the 14th International Conference on Predictive Models and*

- Data Analytics in Software Engineering, PROMISE 2018, Oulu, Finland, October 10, 2018*. ACM, 2018. P. 22–31. Available from: <https://doi.org/10.1145/3273934.3273937>
27. Kavalier David, Trockman Asher, Vasilescu Bogdan, Filkov Vladimir. Tool choice matters: JavaScript quality assurance tools and usage outcomes in GitHub projects. *Proceedings of the 41st International Conference on Software Engineering, ICSE 2019, Montreal, QC, Canada, May 25-31, 2019*. IEEE / ACM, 2019. P. 476–487. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICSE.2019.00060>
  28. Lamba Hemank, Trockman Asher, Armanios Daniel, Kästner Christian, Miller Heather, Vasilescu Bogdan. Heard it through the Gitvine: an empirical study of tool diffusion across the npm ecosystem. *ESEC/FSE '20: 28th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, Virtual Event, USA, November 8-13, 2020*. ACM, 2020. P. 505–517. Available from: <https://doi.org/10.1145/3368089.3409705>
  29. Ma Yuxing, Mockus Audris, Zaretzki Russell, Bichescu Bogdan, Bradley Randy. A Methodology for Analyzing Uptake of Software Technologies Among Developers. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2020. P. 1–1. Available from: <https://doi.org/10.1109/TSE.2020.2993758>
  30. Pano Amantia, Graziotin Daniel, Abrahamsson Pekka. Factors and actors leading to the adoption of a JavaScript framework. *Empir. Softw. Eng.* 2018. Vol. 23, No. 6. P. 3503–3534. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-018-9613-x>
  31. Xu Bowen, An Le, Thung Ferdian, Khomh Foutse, Lo David. Why reinventing the wheels? An empirical study on library reuse and re-implementation. *Empir. Softw. Eng.* 2020. Vol. 25, No. 1. P. 755–789. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-019-09771-0>
  32. Yin Likang, Filkov Vladimir. Team Discussions and Dynamics During DevOps Tool Adoptions in OSS Projects. *35th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE 2020, Melbourne, Australia, September 21-25, 2020*. IEEE, 2020. P. 697–708. Available from: <https://doi.org/10.1145/3324884.3416640>
  33. Cogo Filipe Roseiro, Oliva Gustavo Ansaldi, Hassan Ahmed E. An empirical study of dependency downgrades in the npm ecosystem. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2019. Available from: <https://doi.org/10.1109/TSE.2019.2952130>
  34. Cox Joel, Bouwers Eric, van Eekelen Marko C. J. D., Visser Joost. Measuring Dependency Freshness in Software Systems. *37th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering, ICSE 2015, Florence, Italy, May 16-24, 2015, Volume 2*. IEEE Computer Society, 2015. P. 109–118. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICSE.2015.140>
  35. Decan Alexandre, Mens Tom, Constantinou Eleni. On the Evolution of Technical Lag in the npm Package Dependency Network. *2018 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution, ICSME 2018, Madrid, Spain, September 23-29, 2018*. IEEE Computer Society, 2018. P. 404–414. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICSME.2018.00050>
  36. Dietrich Jens, Pearce David J., Stringer Jacob, Tahir Amjed, Blincoe Kelly. Dependency versioning in the wild. *Proceedings of the 16th International Conference on Mining Software Repositories, MSR 2019, Montreal, Canada, May 26-27, 2019*. IEEE / ACM, 2019. P. 349–359. Available from: <https://doi.org/10.1109/MSR.2019.00061>
  37. Kula Raula Gaikovina, Germán Daniel M., Ishio Takashi, Inoue Katsuro. Trusting a library: A study of the latency to adopt the latest Maven release. *22nd IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering, SANER 2015, Montreal, QC, Canada, March 2-6, 2015*. IEEE Computer Society, 2015. P. 520–524. Available from: <https://doi.org/10.1109/SANER.2015.7081869>
  38. Kula Raula Gaikovina, Germán Daniel M., Ouni Ali, Ishio Takashi, Inoue Katsuro. Do developers update their library dependencies? - An empirical study on the impact of security advisories on library migration. *Empir. Softw. Eng.* 2018. Vol. 23, No. 1. P. 384–417. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10664-017-9521-5>
  39. Mirhosseini Samim, Parnin Chris. Can automated pull requests encourage software developers to upgrade out-of-date dependencies?. *Proceedings of the 32nd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE 2017, Urbana, IL, USA, October 30 - November 03, 2017*. IEEE Computer Society, 2017. P. 84–94. Available from: <https://doi.org/10.1109/ASE.2017.8115621>
  40. Soto-Valero César, Benellam Amine, Harrand Nicolas, Barais Olivier, Baudry Benoit. The emergence of software diversity in Maven Central. *Proceedings of the 16th International Conference on Mining Software Repositories, MSR 2019, Montreal, Canada, May 26-27, 2019*. IEEE / ACM, 2019. P. 333–343. Available from: <https://doi.org/10.1109/MSR.2019.00059>
  41. Snyk Limited. Snyk | Developer security | *Develop fast. Stay secure* [Electronic resource]. 2021. Available from: <https://snyk.io/>
  42. WhiteSource Software. *WhiteSource: Open Source Security and License Management Solution* [Electronic resource]. 2021. Available from: <https://www.whitesourcesoftware.com/>
  43. GitHub, Inc. *GitHub Advisory Database* [Electronic resource]. 2021. Available from: <https://github.com/advisories>
  44. Alrubaye Hussein, Alshoabi Deema, AlOmar Eman Abdullah, Mkaouer Mohamed Wiem, Ouni Ali. How Does Library Migration Impact Software Quality and Comprehension? An Empirical Study. *Reuse in Emerging Software Engineering Practices - 19th International Conference on Software and Systems Reuse, ICSR 2020, Hammamet, Tunisia, December 2-4, 2020*. Proceedings. Springer, 2020. P. 245–260. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64694-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64694-3_15)
  45. Bartolomei Thiago Tonelli, Czarniecki Krzysztof, Lämmel Ralf, van der Storm Tijs. Study of an API Migration for Two XML APIs. *Software Language Engineering, Second International Conference, SLE 2009, Denver, CO, USA, October 5-6, 2009, Revised Selected Papers*. Springer, 2009. P. 42–61. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12107-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12107-4_5)
  46. Alrubaye Hussein, Mkaouer Mohamed Wiem, Ouni Ali. On the use of information retrieval to automate the detection of third-party Java library migration at the method level. *Proceedings of the 27th International Conference on Program Comprehension, ICPC 2019, Montreal, QC, Canada, May 25-31, 2019*. IEEE / ACM, 2019. P. 347–357. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICPC.2019.00053>
  47. Teyton C., Falleri J., Blanc X. Mining library migration graphs. *19th Working Conference on Reverse Engineering, WCRE 2012, Kingston, ON, Canada, 2012*.
  48. Chen C., Gao S., Xing Z. Mining analogical libraries in Q&A discussions - Incorporating relational and categorical knowledge into word embedding. *IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering, SANER 2016, Suita, Osaka, Japan, March 14-18, 2016, Volume 1*. IEEE Computer Society, 2016. P. 338–348.
  49. de la Mora F. L., Nadi S. An empirical study of metric-based comparisons of software libraries. *Proceedings of the 14th International Conference on Predictive Models and Data Analytics in Software Engineering, PROMISE 2018, Oulu, Finland, October 10, 2018*. 2018. P. 22–31.
  50. Awesome java: A curated list of awesome frameworks, libraries, and software for the Java programming language [Electronic resource]. Available from: <https://github.com/akullpp/awesome-java>
  51. *Alternativeto: Crowd-sourced software recommendations* [Electronic resource]. Available from: <https://alternativeto.net/>
  52. Larios-Vargas E., Aniche M., Treude C., Bruntink M., Gousios G. Selecting third-party libraries: The practitioners' perspective. *ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering (ESEC/FSE 2020)*. 2020.
  53. Kabinna S., Bezemer C., Shang W., Hassan A. E. Logging library migrations: A case study for the Apache Software Foundation projects. *Proceedings of the 13th International*

- Conference on Mining Software Repositories, MSR 2016, Austin, TX, USA, May 14-22, 2016.* 2016. P. 154–164.
54. Huang E.H., Socher R., Manning C.D., Ng A.Y. Improving word representations via global context and multiple word prototypes // *Proc. 50th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Long Papers.* vol.1. 2012. P. 873–882.
55. Koren Y. Factor in the neighbors: Scalable and accurate collaborative filtering. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)*. 2010. Vol. 4, No. 1, P. 1.
56. Mccarey F., Cinnéide M.O., Kushmerick N. Rascal: A recommender agent for agile reuse. *Artificial Intelligence Review*. 2005. Vol. 24, No. 3-4. P. 253–276.
57. Zhao X., Li S., Yu H., Wang Y., Qiu W. Accurate Library Recommendation Using Combining Collaborative Filtering and Topic Model for Mobile Development. *IEICE Transactions*. 2019. Vol. 102-D, No. 3. P. 522–536.
58. Chen C., Gao S., Xing Z. Mining analogical libraries in q&a discussions—incorporating relational and categorical knowledge into word embedding. *IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER)*, vol.1. IEEE, 2016. P. 338–348.
59. Chen C., Xing Z. Similartech: Automatically recommend analogical libraries across different programming languages. *Proc. 31st IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering. ACM*, 2016. P. 834–839.
60. Thung F., Lo D., Lawall J. Automated library recommendation. *20th Working Conference on Reverse Engineering (WCRE 2013): Proceedings: Koblenz, Germany, 14-17 Oct. 2013.* 2013. P. 182–191.
61. Agrawal R., Srikant R. *Fast algorithms for mining association rules.* Proc. 20th Int. Conf. Very Large Data Bases, VLDB, vol.1215. 1994. P. 487–499.
62. Blei D.M., Ng A.Y., Jordan M.I. Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*. 2003. Vol. 3, No. Jan. P. 993–1022.
63. Koren Y. Factor in the neighbors: Scalable and accurate collaborative filtering. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)*. 2010. Vol. 4, No. 1, P. 1.
64. Burke R. Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User modeling and user-adapted interaction*. 2002. Vol. 12, No. 4. P. 331–370.
65. Terveen L., Hill W. Beyond recommender systems: Helping people help each other. *HCI in the New Millennium*. Vol. 1. 2001. P. 487–509.

Надійшла (received) 15.01.2024

*Відомості про авторів / About the Authors*

**Лисенко Олександр Олександрович (Lysenko Alexander)** – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра стратегічного управління, м. Харків, Україна, e-mail: alexander.lysenko.dev@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-4962-5881>.

**Копоненко Ігор Володимирович (Koponenko Igor)** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри стратегічного управління, м. Харків, Україна, Азербайджанський університет архітектури та будівництва, запрошений професор, м. Баку, Азербайджанська Республіка, e-mail: igorvkoponenko@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1218-2791>.



*A. В. МАКОГОНОВ, І. А. МАРИНИЧ*

## СКЛАД ТА СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИХ РЕМОНТІВ

Робота присвячена розгляду складових інформаційної системи, яка може використовуватися для ефективної організації та проведення планово-попереджувальних ремонтів в промислових та інфраструктурних об'єктах. Приведено обґрунтування виконання таких робіт. Також визначено, що одним зі шляхів підвищення їх ефективності є впровадження комп'ютеризованих систем керування технічним обслуговуванням. Відповідно, було проведено огляд деяких існуючих рішень на ринку. Охарактеризовано переваги та недоліки існуючих рішень. Зазначається, що навіть у західних економіках, незважаючи на важливість цього інструменту в управлінні обслуговуванням, ступінь досягнутого успіху в успішному впровадженні таких систем, навіть у великих, добре забезпечених ресурсами організаціях, є поганим. Відповідно до інтернет-досліджень, кількість успішних впроваджень становить лише близько 25–40 %, а кількість користувачів, які використовують системи керування технічним обслуговування або системи управління основними фондами на повну потужність, становить лише 6–15%. З урахуванням відставання розвитку економіки та бізнес процесів в Україні цей показник буде ще нижчим. На основі аналізу цих систем запропонована модель інформаційної системи планово-попереджувальних ремонтів для українського ринку. Модель має такі переваги: простота в розумінні та використанні; доступність для українських користувачів; низька вартість використання. Модель включає такі основні компоненти: реєстрація та управління компаніями; створення та управління проектами; створення та управління завданнями; внесення та відстеження витрат; функціонал для планування робіт; облік лікарняних та відпусток співробітників. Наступним кроком розвитку системи є інтеграція з системами моніторингу обладнання. Зібрані дані по їх стану дозволять розробити модель машинного навчання для реалізації одного з елементів Industry 4.0 - прогнозного обслуговування.

**Ключові слова:** інформаційна система; планово-попереджувальні ремонти; система планово-попереджувальних ремонтів; хмарна платформа; управління активами; CMMS

*A. MAKOHONOV, I. MARYNYCH*

## THE WAREHOUSE AND STRUCTURE OF THE INFORMATION SYSTEM FOR ORGANIZING PLANNED PREVENTIVE MAINTENANCE

The work is devoted to the consideration of the information system components, which can be used for effective organization and implementation of planned and preventive repairs in industrial and infrastructure facilities. The rationale for the performance of such works is given. It is also determined that one of the ways to improve their efficiency is the introduction of computerized maintenance management systems. Accordingly, a review of some existing solutions on the market was conducted. Given the advantages and disadvantages of existing solutions are characterized. It is noted that even in Western economies, despite the importance of this tool in service management, the success rate of successfully implementing such systems, even in large, well-resourced organizations, is poor. According to Internet research, the number of successful implementations is only about 25–40% and the number of users using computerized maintenance management systems or enterprise asset management systems to its full potential is only 6–15%. Taking into account the lag in the development of the economy and business processes in Ukraine, this indicator will be even lower. Based on the analysis of these systems, a model of the planned preventive maintenance information system for the Ukrainian market is proposed. The model has the following advantages: ease of understanding and use; accessibility for Ukrainian users; low cost of use. The model includes the following main components: registration and management of companies; creating and managing projects; creation and management of tasks; entering and tracking expenses; functionality for work planning; accounting of sick leave and vacations of employees. The next step in system development is integration with equipment monitoring systems. The collected data on their condition will allow to develop a machine learning model for the implementation of one of the elements of Industry 4.0 - predictive maintenance.

**Keywords:** information system; scheduled and preventive repairs; preventive maintenance system; cloud platform; asset management; CMMS

**Вступ.** В залежності від того, як визначаються потреби у ремонтних роботах, розрізняють систему планово-попереджувального ремонту та систему ремонту за результатом технічної діагностики [1].

Суть системи планово-попереджувального ремонту полягає у тому, що всі запобіжні заходи та ремонти устаткування здійснюються за встановленими попередньо нормативами. Після відпрацювання кожним верстатом певної, визначеної нормативами кількості годин проводять його огляди та планові ремонти, черговість та послідовність яких залежить від призначення верстата, його конструктивних особливостей, умов експлуатації тощо [1].

Система планово-попереджувального ремонту найбільш поширена на вітчизняних підприємствах. Вона передбачає проведення технічного (міжремонтного) обслуговування устаткування, його періодичних планових ремонтів та модернізацію [1], і має на меті встановити «коли» і «хто» буде обробляти

кожне заплановане завдання, а його основна мета полягає в тому, щоб знайти найкращу послідовність завдань обслуговування для виробничого процесу в кожному періоді протязом горизонту планування [2].

Профілактичне обслуговування не тільки гарантує, що ваші машини працюють на оптимальних рівнях продуктивності, але також допомагає підвищити продуктивність. Регулярне планове профілактичне технічне обслуговування зменшує потребу в реактивному або аварійному ремонті, дозволяючи обслуговуючому персоналу зосередитися на повсякденній діяльності замість не запланованих простояв [3].

Дослідження Брайтлі показали, що добре виконана програма планово-попереджувального ремонту (ППР) може забезпечити до 50–65% скорочення екстрених робіт. З огляду на це, групи технічного обслуговування повинні мати доступні інструменти та ресурси для виконання успішних планів ППР; це найефективніше досягається завдяки

точним даним машини, належному плануванню та використанню надійних деталей від перевірених постачальників[3].

Якщо ви вирішите запровадити програми профілактичного обслуговування, ви побачите, що це може принести значну економію для організацій з точки зору зменшення різних витрат. Ці витрати включають витрати на оплату праці та ремонт, комунальні послуги та витрати, пов'язані з відсутністю запасних частин, коли ремонт виявляється необхідним [3].

Замість того, щоб чекати та мати справу з не запланованою поломкою, профілактичне технічне обслуговування вимагає проактивного підходу, який підтримує роботу машин в оптимальному стані та значно скорочує час не запланованих простоїв. По суті, добре структурована програма профілактичного обслуговування допомагає організаціям скоротити операційні витрати на 12-18%, що робить її ефективним способом економії грошей [3].

Профілактичне технічне обслуговування є ефективною стратегією для будь-якого бізнесу, оскільки воно забезпечує оптимальну роботу обладнання, що, у свою чергу, сприяє підвищенню стабільності поставок продукції. Регулярне технічне обслуговування та перевірки обладнання допомагають виявити будь-які проблеми до їх виникнення, зменшуючи ймовірність поломок і забезпечуючи безперебійну роботу виробничої лінії[3].

Завдяки пом'якшенню тривалих затримок перешкоди для клієнтів зводяться до мінімуму – це неоціненна перевага, коли йдеться про підтримку репутації компанії та збереження задоволеності клієнтів. У поєднанні з надійністю та якісною продукцією профілактичне технічне обслуговування може стати великою перевагою для організацій у довгостроковій перспективі [3].

Ще однією перевагою, яка досить рідко зустрічається у статтях, є підвищення безпеки на виробництві. Для розуміння цього достатньо навести декілька прикладів.

Поломка обладнання може бути наслідком чогось такого простого, як зношений ремінь або пошкоджений ролик. Залежно від ситуації навіть незначна проблема може стати небезпечною. Якщо якась частина обладнання виходить з ладу під час роботи, будь-які працівники поблизу можуть опинитися під загрозою. Наприклад, несправність запірного клапана на котлі може призвести до серйозних травм для тих, хто знаходиться поруч. ППР служить для запобігання таким типам збоїв, тим самим забезпечуючи безпеку оперативних бригад [4].

Деякі ризики, пов'язані з обладнанням, що погано обслуговується, менш драматичні, але все ж значні. Наприклад, погано обслуговувана система вентиляції може призвести до накопичення небезпечного газу. Технічне обслуговування систем опалення, вентиляції, вентиляції та кондиціонування є ключовим для більшості заводів, і це вимагає регулярного технічного обслуговування [4].

Іншим прикладом можуть бути витоки або конденсація, що призводять до накопичення води та становлять небезпеку ковзання та падіння. Ці проблеми часто є результатом погано обслуговуваних активів, таких як конденсат у несправній морозильній камері. Знову ж таки, регулярні перевірки усунуть цю проблему[4].

Одним із напрямків удосконалення систем управління підприємством є використання автоматизованих систем, які підвищують ефективність управління [5]. Зокрема, така система може надати наступні переваги.

1. Підвищення ефективності праці - облік завдань дозволяє швидко й легко планувати, призначати та закривати робочі замовлення. Візуальний інтерфейс: списки, Канбан дошка, діаграма Ганта, сповіщення про появу нових, або зміни в існуючих завданнях дозволяє швидко упорядкувати робочі замовлення та автоматично відстежувати всі робочі замовлення в системі [6].

2. Робить документи легко доступними - система забезпечує централізовану та оцифровану базу даних для всіх файлів, форм і документів. Програмне забезпечення також гарантує безпечне зберігання документів, обмеження по правам доступу, а також автоматичне резервне копіювання. Зберігання в цифровому вигляді полегшує впорядкування та категоризацію документів [7].

3. Скорочення об'єму робіт з управління та планування - за допомогою програмного забезпечення створення документів, звітів, графіків можна автоматизувати, та відповідно пришвидшити. Повна бібліотека цифрових активів включає активну базу даних виконання проєкту, базу даних експлуатації виробничих активів, базу даних технічного обслуговування активів, запис про виконаний проєкт. Бібліотека ресурсів життєвого циклу забезпечує точне бізнес-планування на основі даних із скороченням часу, необхідного для планування [8]. Також можливо ввести цифровий підпис, тоді для узгодження документу не треба буде самостійно обходити всіх відповідальних осіб, а достатньо буде надіслати у систему.

4. Підвищення швидкості реакції на нештатні ситуації - при виникненні непередбачуваних проблем, наприклад при проведенні ППР виявилося, що необхідно замінити ще певну деталь, то система має запропонувати вибір рішень або необхідну інформацію для розв'язання такої проблеми.

5. Програмне забезпечення для обслуговування допомагає створити міцну культуру - відомий вислів Пітера Друкера: «Культура їсть стратегію на сніданок». Цитата не потребує пояснень. У ньому наголошується, що коли бізнес відчуває труднощі, а існуюча стратегія та процеси не дають позитивних результатів, культура має найбільше значення та найбільше впливає на зміну ситуації. Побудова сильної корпоративної культури вимагає часу, виховання та зосередженості. Сильна корпоративна культура не виростає миттєво, і вона залучає людей і плани до розвитку. Програмне забезпечення для

керування обслуговуванням допомагає формувати культуру, оскільки показує, що керівники та менеджери цінують підзвітність, надійність, швидкість реагування, якість, безпеку тощо[9].

6. Віддалений збір даних для визначення KPI [10].

7. Інтеграція систем обслуговування з іншими інформаційними системами[10].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інформаційні системи для підтримки функції обслуговування називають комп'ютеризованими системами керування технічним обслуговуванням (CMMS)[10]. Як видно з вищезазначеного вони можуть бути дуже корисними і тому вже представлені на ринку. Оглянемо деякі рішення:

1. eWorkOrders - управління активами, запасними частинами та запасами, запити на обслуговування, керування робочими замовленнями, профілактичне обслуговування та надійний список інших функцій. Надає користувачам можливість керувати та переглядати завдання та майбутню роботу разом із датами виконання, критичністю, активами та працівниками, призначеними для кожного завдання. Під час створення робочих нарядів користувачі можуть додавати примітки, зображення, інформацію про активи тощо. Широкі можливості звітування надають користувачам необхідні інструменти для отримання важливої інформації та створення звітів для ведення своїх бізнес-операцій [11].

2. ClickMount - позиціонує платформу, як новий підхід до управління робочими замовленнями, профілактичним обслуговуванням і активами, який радикально відрізняється від інших рішень CMMS на ринку [12]. Базується на швидкій інтеграції та можливості налаштувати систему відповідно до унікальних бізнес-процесів, не вимагаючи складної конфігурації.

3. Limble CMMS - команда заявляє, що її було створено, щоб стати першою по-справжньому простою у використанні, сучасною та мобільною CMMS, яку можна запустити за лічені хвилини з поверненням інвестицій протягом кількох тижнів. За допомогою Limble CMMS ви можете керувати запланованими та незапланованими роботами з технічного обслуговування, автоматизувати запити та планування робіт, контролювати історію роботи, створювати звіти, упорядковувати активи тощо [13].

4. Tractian розробляє оптимізовані апаратно-програмні рішення, які дають технікам з технічного обслуговування та особам, які приймають рішення у промисловості, повний нагляд за своїми операціями. Це демократизує доступ до складних інструментів моніторингу в реальному часі та операцій з активами. Рішення Tractian використовуються в середовищах, які охоплюють загалом 5% світового промислового виробництва. Широке охоплення ринку компанії підтверджується її клієнтською базою з різних галузей, таких як John Deere, Procter & Gamble, Caterpillar, Goodyear, Carrier, Johnson Controls і Vimbo, власник брендів Little Bites і Thomas Bagels. Клієнти

Tractian бачать рентабельність інвестицій у 6-12 разів із економією в середньому 6000 доларів США на контрольовану машину на рік. Ціль допоміжного технічного обслуговування міцно вкорінена в збільшенні кількості фахівців з технічного обслуговування для забезпечення більш наполегливої діагностики зі зворотним зв'язком людини в циклі.

Місія Tractian полягає в тому, щоб об'єднати досвід фахівців з технічного обслуговування з можливостями автоматизованої системи, яка забезпечить точність та швидкість прийняття рішень при вирішенні та попередженні проблем [14].

Але у цих системах є певні недоліки:

- інтерфейс англійською мовою - більшість працівників сучасних підприємств не володіють іноземною мовою на достатньому рівні, для повноцінної роботи. При спробі інтегрування нерозуміння інтерфейсу може призвести до обмеженого використання, а згодом і до відмови від неї.

- складність інтеграції - на всіх платформах можна лише подати заявку на демонстраційну версію. Замість того, щоб можна було легко і просто пройти реєстрацію, та подивитися що там є. Знову ж таки, якщо демонстрація буде проводитися англійською - це значно підвищує вимоги до керівників відділів. Другим елементом є сама багатовимірність системи, наприклад Click Maint зазначає, що їх ціль натренувати користувачів за 30 днів, а не за місяці роботи, як у інших системах [12]. Якби система була б простішою, то на її імплементацію витрачалося би менше часу.

- вартість використання сервісу - більшість встановлює ціну від 30 до 100 доларів за одного користувача. Наприклад Limble CMMS має тарифи 28\$ і 69\$ за одного користувача. Тобто якщо взяти невелику сервісну організацію на 20 людей, то відповідно в місяць треба буде сплачувати від 21280 до 52440 гривень, що при середній зарплаті слюсаря-ремонтника в Україні на січень 2024 року в 11701 гривень [15], є окладами від двох до п'яти працівників.

Тому навіть у західних економіках, незважаючи на важливість CMMS як ключового інструменту в управлінні обслуговуванням, ступінь досягнутого успіху в успішному впровадженні таких систем, навіть у великих, добре забезпечених ресурсами організаціях, є напрохуд поганим. Відповідно до інтернет-досліджень, кількість успішних реалізацій CMMS становить лише близько 25-40 % і кількість користувачів, які використовують CMMS або eAM на повну потужність, становить лише 6-15% [16].

**Мета роботи.** Метою статті є розробка моделі інформаційної системи планово-попереджувальних ремонтів, перш за все, орієнтованої на український ринок, та реалізація на її основі комп'ютеризованої системи керування технічним обслуговуванням з можливістю подальшого розширення та вдосконалення функціоналу.

**Вклад основного матеріалу.** Враховуючи такі вихідні дані можна припустити необхідність створення платформи для організації планово-попереджувальних ремонтів, яка буде орієнтована на український ринок.

Відповідно для початку треба вирішити найперше питання - низький поріг входу. Це буде досягнуто за рахунок двох речей:

- 1) локалізація українською і англійською мовами;
- 2) реєстрацію можна буде пройти без запрошення на демонстрацію з мінімальною кількістю кроків. Достатньо буде мати лише email та номер телефону, які показано на рис. 1.

The image shows a registration form with the following elements:

- E-mail\***: A text input field with the placeholder text "Введіть Ваш email".
- Телефон\***: A text input field with the placeholder text "Введіть Ваш телефон".
- Пароль\***: A password input field with six asterisks and a visibility toggle icon.
- Мова\***: A dropdown menu currently showing "Українська" with a downward arrow.
- Далі**: A large blue button with white text.

Рис. 1. Сторінка реєстрації у сервісі

Після реєстрації необхідно створити компанію. Після цього відкриється вибір декілька компаній. І після цього відкриється вибір Тому що передбачається, що власник може мати компаній рис 2.

**Доступні компанії:**

The image shows a selection screen with the following elements:

- A light blue rounded rectangle containing the text "Maintenance company" and a blue star icon to its right.
- A large blue button with white text "Створити нову компанію" below it.

Рис. 2. Вибір компанії

На цьому етапі користувач є зареєстрованим та повністю готовим до подальшої імплементації підприємства. Основним елементом компанії є проєкт. Це може бути як окреме підприємство, наприклад шахта або кар'єр або ж одиниця обладнання, наприклад буровий станок.

У проєкті є основна інформація:

- назва;

- тип проєкту - може бути або фіксована вартість за роботи, або Time&Material - коли кожна витрачена година буде оплачена замовником;
- клієнт;
- валюта проєкту;
- бюджет проєкту, якщо це фіксована вартість;
- вартість години роботи сервісного спеціаліста для замовника, якщо обрано тип Time&Material;
- початок та дедлайн робіт;

- статуси задачі, які будуть використані у цьому проєкті;

- опис;
- файли (необхідні документи).

Іншою основною частиною системи є задачі. Це дозволяє розподілити зобов'язання між робітниками, а

також контролювати час виконання. При створенні задачі рис 3. є три обов'язкових поля:

- 1) проєкт;
- 2) керівник;
- 3) відповідальний.

Рис. 3. Інтерфейс створення задачі

Також до завдання можна додати опис та необхідні файли. Це можуть бути наряд-допуск, накладна на отримання матеріалів тощо. Якщо будуть

потрібні додаткові інструкції для виконання, то їх можна буде організувати за допомогою чек-листів або підзадач рис. 4.

Рис. 4. Інтерфейс для додавання підзадач, залежностей між задачами та чек-листа (згори донизу)

В задачу відповідно можна заносити години, скільки було витрачено працівником на її виконання. Це можна зробити в декількох місцях:

- використавши трекер. Може бути актуальним, якщо є доступ до Інтернету. Важливо розуміти точний

час, який регулюється, наприклад, заїздом/виїздом з підприємства;  
 - внести вручну в задачу рис. 5.

Також якщо була бригадна постійна робота, то можливе внесення через більш зручний для керівника екран рис. 6.

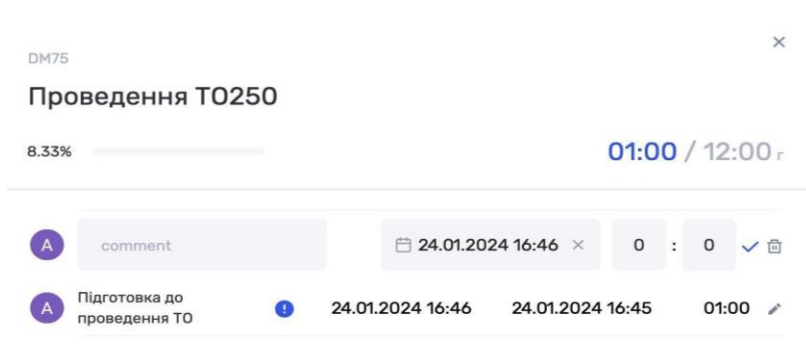


Рис. 5. Інтерфейс внесення витрат часу вручну

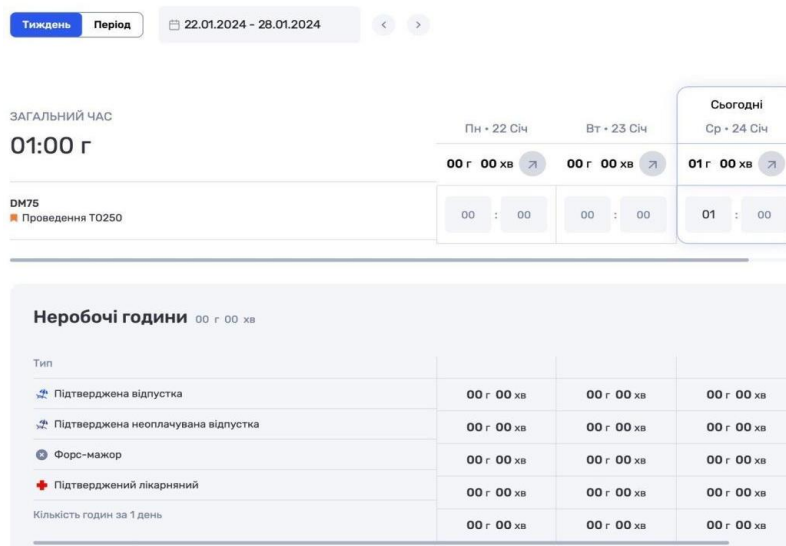


Рис. 6. Екран внесення витрат часу для бригади робітників

Після виконання завдання робітник змінює його статус і керівник може таким чином відслідковувати

поточний стан робіт, наприклад в Канбан дошці рис.7.

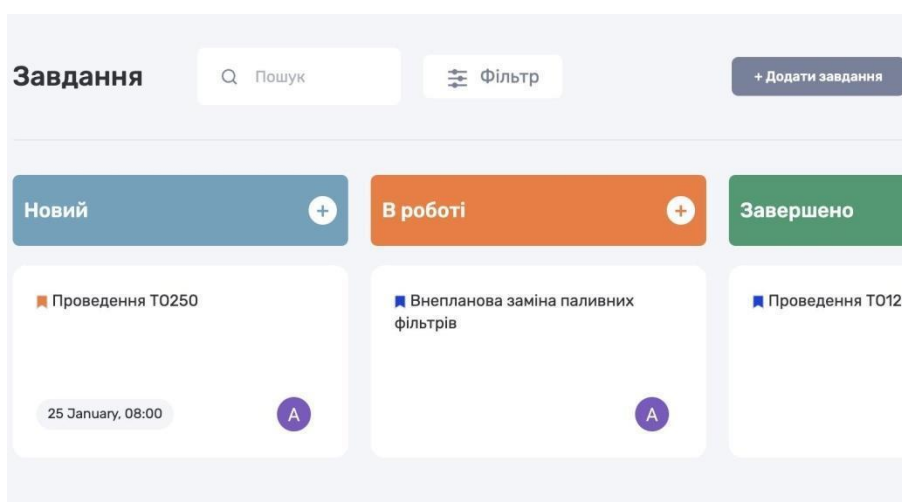


Рис. 7. Інтерфейс Канбан дошки

Для планування зайнятості персоналу на наступний тиждень доцільно буде використати

діаграму Ганта, на якій буде видно увесь розподіл задач у часі, рис. 8.

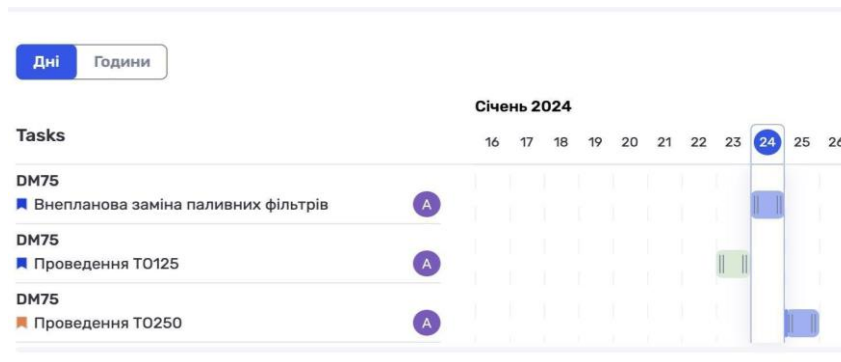


Рис. 8. Планування робіт на поточний тиждень

Для організації робіт на майбутні періоди виконати. Тому актуальним завданням є облік важливо розуміти також, які робітники можуть їх лікарняних та відпусток рис. 9.

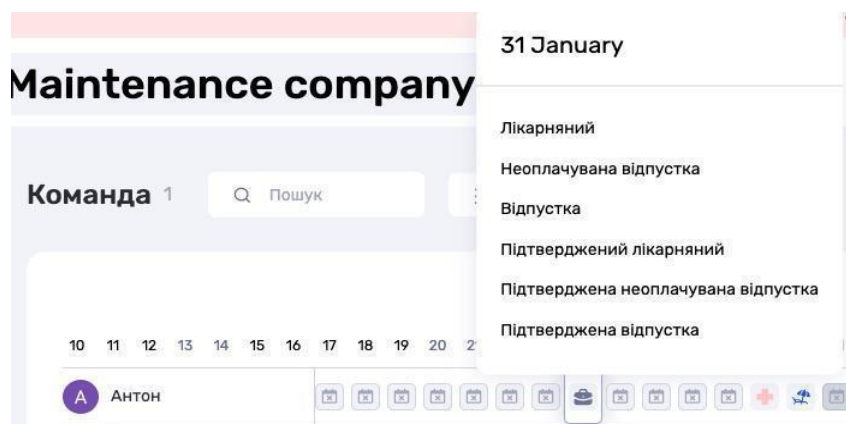


Рис. 9. Інтерфейс обліку лікарняних та відпусток співробітників

У системі є розгалужена система доступів, за допомогою якої можна розмежувати внесення таких днів у календар, та їх підтвердження.

Також у системі є фінансова складова. Кожному працівнику у його картку можна поставити вартість години праці. Години, які були внесені у задачі, будуть помножені на це значення. І в результаті ми маємо автоматичний розрахунок витрат на ту чи іншу операцію. А також сумарно можна оцінити ступінь прибутковості проєкту.

**Висновки.** Хмарні платформи для організації проведення планово-профілактичних ремонтів можуть:

- скоротити час простою на 32%[18];
- підвищити продуктивність на 26%;
- зменшити часткові витрати на 23%;
- збільшити термін служби активів на 18%.

Але на поточний час більшість з них є складними до адаптації на українському ринку через англomовний інтерфейс та високий поріг входу для інтеграції. Розроблена система має основні частини для організації та контролю проведення ППР. Також розгалужену систему дозволів, яка може обмежити доступ до фінансової або чутливої інформації компанії. В той же час вона є простою для розуміння та впровадження у діючі сервісні функції. А

тестування можливе через просту реєстрацію без попередніх узгоджень та демонстрацій.

Подальшим удосконаленням цієї системи є збір та аналіз даних для виявлення аномалій у роботі та потенційних дефектів обладнання, що дозволяє своєчасно проводити ремонт до того, як виникають збої. Це спрямовано на мінімізацію частоти технічного обслуговування, уникнення не запланованих відключень і непотрібних витрат на профілактичне обслуговування[17], тобто створення алгоритмів попереджувального обслуговування на базі машинного навчання.

На основі зроблених висновків можна підсумувати, що мету статті було досягнуто.

#### Список літератури

1. Система планово-переджувальних ремонтів. URL: <https://studfile.net/preview/9248192/page:8> (дата звернення: 20 січня 2024).
2. Ebrahimipour V, Najjarbashi A, Sheikhalishahi M. *Multi-objective modeling for preventive maintenance scheduling in a multiple production line*. J Intell Manuf 2013; 26:111–22. doi:10.1007/s10845-013-0766-6.
3. *How to Create a Preventive Maintenance Plan in 5 Simple Steps*. URL: <https://www.brightlysoftware.com/blog/preventive-maintenance-plan> (дата звернення: 20 січня 2024).
4. *How can preventive maintenance improve workplace safety?* - URL: <https://upkeep.com/learning/preventive-maintenance-improve-workplace-safety/> (дата звернення: 20 січня 2024).
5. Сахно Є.Ю. *Менеджмент сервісу: теорія та практика*. К. : ЦУЛ, 2019. 328 с.

6. *Benefits of Software-based Preventative Maintenance Systems* - URL: <https://www.leadingedgeonly.com/article/benefits-of-software-based-preventative-maintenance-systems> (дата звернення: 21 січня 2024).
7. *Benefits of Using CMMS Software For Your Business* URL: <https://eworkorders.com/cmms-industry-articles-eworkorders/7-benefits-of-using-cmms/> (дата звернення: 21 січня 2024).
8. Танака Х. Вплив нової нормальності на стратегічне управління та управління проектами та програмами. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. Харків, 2022. No 1(5). С. 3-22. DOI: 10.20998/2413-3000.2022.5.1
9. *Strategic Reasons Why Maintenance Management Software is Good for Business*. URL: <https://www.clickmaint.com/blog/maintenance-management-software-reasons> (дата звернення: 21 січня 2024).
10. Isabel Lopes, Patrícia Senra, Sandrina Vilarinho, Vera Sá, Catarina Teixeira, João Lopes, Anabela Alves, José A. Oliveira, Manuel Figueiredo. Requirements Specification of a Computerized Maintenance Management System. *A Case Study*. Volume 52, 2016, Pages 268-273. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.047
11. *User-Friendly, Powerful and Affordable Computerized Maintenance Management System Software*. URL: <https://eworkorders.com/> - (дата звернення: 21 січня 2024).
12. *Click Maint CMMS Maintenance Software EASY AS 1-2-3* - URL: <https://www.clickmaint.com/> - (дата звернення: 21 січня 2024).
13. *Limble CMMS Modern, Mobile, and Easy-to-Use Maintenance Software* - URL: <https://www.linkedin.com/company/limble-cmms/> (дата звернення: 22 січня 2024).
14. *TRACTIAN Artificial Intelligence Quarterbacking Your Maintenance*. URL: <https://www.linkedin.com/company/gettraction/> - (дата звернення: 22 січня 2024).
15. *Слюсар-ремонтник: середня зарплата в Україні*. URL: <https://ua.jobble.org/salary/%D1%81%D0%BB%D1%8E%D1%81%D0%B0%D1%80+%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA> (дата звернення: 22 січня 2024)
16. Michael Wienker, Ken Henderson, Jacques Volkerts The Computerized Maintenance Management System An essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*. Volume 138, 2016, Pages 413-420. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.02.100
17. *What is preventive maintenance?* - URL: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-preventive-maintenance> (дата звернення: 22 січня 2024).
18. *Limble CMMS Pricing, Features, Reviews and Alternatives* URL: <https://www.getapp.com/all-software/a/limble-cmms/> (дата звернення: 22 січня 2024).
4. *How can preventive maintenance improve workplace safety?* Available at: <https://upkeep.com/learning/preventive-maintenance-improve-workplace-safety/> (accessed 20.01.2024)
5. Sakhno YE.YU. *Menedzhment servisu: teoriya ta praktyka* [Service management: theory and practice]. K. : TsUL, 2019. 328 p.
6. *Benefits of Software-based Preventative Maintenance Systems* Available at: <https://www.leadingedgeonly.com/article/benefits-of-software-based-preventative-maintenance-systems> (accessed 21.01.2024)
7. *Benefits of Using CMMS Software For Your Business*. Available at: <https://eworkorders.com/cmms-industry-articles-eworkorders/7-benefits-of-using-cmms/> (accessed 21.01.2024)
8. Tanaka Kh. Vplyv novoi normalnosti na stratehichne upravlinnia ta upravlinnia proiekty ta prohramamy [The impact of the new normal on strategic management and project and program management]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Seriia : Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proektamy* [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Strategic management, management of portfolios, programs and projects]. Kharkiv, 2022. No 1(5). P. 3-22. DOI: 10.20998/2413-3000.2022.5.1
9. *Strategic Reasons Why Maintenance Management Software is Good for Business*. Available at: <https://www.clickmaint.com/blog/maintenance-management-software-reasons> (accessed 21.01.2024)
10. Isabel Lopes, Patrícia Senra, Sandrina Vilarinho, Vera Sá, Catarina Teixeira, João Lopes, Anabela Alves, José A. Oliveira, Manuel Figueiredo Requirements Specification of a Computerized Maintenance Management System. *A Case Study*. Volume 52, 2016, Pages 268-273. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.047
11. *User-Friendly, Powerful and Affordable Computerized Maintenance Management System Software*. Available at: <https://eworkorders.com/> (accessed 21.01.2024)
12. *Click Maint CMMS Maintenance Software EASY AS 1-2-3*. Available at: <https://www.clickmaint.com/> (accessed 21.01.2024).
13. *Limble CMMS Modern, Mobile, and Easy-to-Use Maintenance Software*. Available at: <https://www.linkedin.com/company/limble-cmms/> (accessed 22.01.2024)
14. *TRACTIAN Artificial Intelligence Quarterbacking Your Maintenance*. Available at: <https://www.linkedin.com/company/gettraction/> (accessed 22.01.2024)
15. *Slusar-remontnyk: serednia zarplata v Ukraini* [Repairman: average salary in Ukraine] Available at: <https://ua.jobble.org/salary/%D1%81%D0%BB%D1%8E%D1%81%D0%B0%D1%80+%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA> (accessed 22.01.2024)
16. Michael Wienker, Ken Henderson, Jacques Volkerts The Computerized Maintenance Management System An essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*. Volume 138, 2016, Pages 413-420. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.02.100
17. *What is preventive maintenance?* Available at: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-preventive-maintenance> - (accessed 22.01.2024)
18. *Limble CMMS Pricing, Features, Reviews and Alternatives*. Available at: <https://www.getapp.com/all-software/a/limble-cmms/> (accessed 22.01.2024)

#### References (transliterated)

1. *Systema planovo-poperedzhuval'nykh remontiv*. Available at: <https://studfile.net/preview/9248192/page:8/> (accessed 20.01.2024).
2. Ebrahimipour V, Najjarbashi A, Sheikhalishahi M. *Multi-objective modeling for preventive maintenance scheduling in a multiple production line*. *J Intell Manuf* 2013;26:111-22. doi:10.1007/s10845-013-0766-6.
3. *How to Create a Preventive Maintenance Plan in 5 Simple Steps*. Available at: <https://www.brightlysoftware.com/blog/preventive-maintenance-plan> (accessed 20.01.2024)

Надійшла (received) 20.01.2024

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Макогон Антон Валерійович (Makohonov Anton)** – аспірант, Криворізький національний університет, аспірант кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій, інженер-програміст ТОВ "ІФ.ТІМ", м. Кривий ріг; тел.: (099) 0285271; email: antonmakogonov5@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1761-5593>

**Маринич Іван Анатолійович (Marynych Ivan)** – кандидат технічних наук, доцент, Криворізький національний університет, доцент кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій, м. Кривий ріг; тел.: (067) 9991979; email: marynych@knu.edu.ua.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9036-8532>



***V. V. MOSKALENKO, N. G. FONTA, A. V. GAVRYLENKO, O. M. BEZCHASTNIY***

## **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРЕНДІВ КРИПТОВАЛЮТНОГО РИНКУ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЇЇ ВИРІШЕННЯ**

Розглянуто актуальну проблему прогнозування трендів криптовалютного ринку та сучасні підходи до їх вирішення. Визначено два основних фактори, які впливають на вартість криптовалюти – це розмір ринку криптовалюти та темпи зростання обсягів ринку. Наведені результати досліджень щодо перспектив крипторинку, у тому числі те, що біткоїн у майбутньому може бути захистом від падіння курсу долара США для учасників фінансового ринку. Також дослідники розглядають біткоїн не як готівку, а як інвестиційний актив. Зроблено висновок, що регулювання та економічна політика, яка пов'язана з використанням криптовалют, поступово посилюються багатьма країнами у міру підвищення її інвестиційної привабливості. Надано аналіз задачі прогнозування тренду ринку криптовалюти. Надано аналіз досліджень та публікацій щодо методів прогнозування вартості криптовалюти. Традиційні моделі часових рядів, такі як модель ARIMA, продовжують бути популярними у фінансовому прогнозуванні, але її використання менш ефективне для ринків з високою волатильністю, що характерно для криптовалют. Прогнозування ціни криптовалюти – це проблема часових рядів, яку можна вирішити за допомогою регресії та інших методів машинного навчання. Наведені результати сучасних досліджень щодо потенціалу машинного навчання у виявленні складних трендів та закономірностей. Доведено, що методи глибокого навчання можуть бути ефективними для прогнозування часових рядів зі значними коливаннями та з майже хаотичною та непередбачуваною поведінкою. Зроблено висновок, що ключовим аспектом є створення гнучких моделей, які можуть адаптуватися до нових даних та змін у ринковій динаміці. Комбінування традиційних методів технічного, факторного аналізу з інноваційними методами машинного навчання може призвести до створення потужних гібридних моделей. Ці моделі використовують як кількісні, так і якісні дані для розробки більш точних прогнозів. Обґрунтовано доцільність розробки програмних систем, які реалізують сучасні методи штучного інтелекту, у тому числі машинного навчання, глибокого навчання, обробки природної мови та інших технологій для забезпечення аналізу ринку, виявлення закономірностей та надання прогнозів щодо трендів крипторинку. Використання такого ПЗ буде допомогою інвесторам у визначенні потенційно прибуткових інвестиційних можливостей, в управлінні ризиками та прийнятті обґрунтованих рішень в умовах високої невизначеності.

**Ключові слова:** прогнозування, ринок криптовалюти, часовий ряд, машинне навчання, нейронні мережі, глибоке навчання, гібридна модель.

***V. MOSKALENKO, N. FONTA, A. HAVRYLENKO, O. BEZCHASTNYI***

## **PROBLEM ANALYSIS OF FORECASTING CRYPTOCURRENCY MARKET TRENDS AND MODERN APPROACHES TO ITS SOLUTION**

The current problem of forecasting trends in the cryptocurrency market and modern approaches to solving them are considered. Two main factors have been identified that influence the value of cryptocurrency: the size of the cryptocurrency market and the growth rate of market volumes. The results of research on the prospects of the crypto market are presented, including the fact that Bitcoin in the future may be a protection against the fall of the US dollar for financial market participants. Researchers also view bitcoins not as cash, but as an investment asset. It is concluded that regulation and economic policies related to the use of cryptocurrencies are gradually being strengthened by many countries as its investment attractiveness increases. An analysis of the problem of forecasting the cryptocurrency market trend is presented. An analysis of research and publications on methods for predicting the value of cryptocurrency is presented. Traditional time series forecasting models, such as the ARIMA model, are effective for financial forecasting, but their use is less effective for markets with high volatility, which is typical for cryptocurrencies. Cryptocurrency price forecasting is a time series problem that can be solved using regression and other machine learning techniques. The results of modern research into the potential of machine learning in identifying complex trends and patterns are presented. It has been proven that deep learning methods can be effective in predicting time series with significant fluctuations and almost chaotic and unpredictable behavior. It is concluded that the main aspect is to create flexible models that can adapt to new data and changes in market dynamics. Combining traditional technical factor analysis techniques with innovative machine learning techniques can result in powerful hybrid models. These models use both quantitative and qualitative data to develop better forecasts. The feasibility of developing software systems that implement modern methods of artificial intelligence, including machine learning, deep learning, natural language processing and other technologies to provide market analysis, identify patterns and forecast crypto market trends is substantiated. The use of such software will assist investors in identifying potentially profitable investment opportunities, managing risks and making informed decisions in conditions of high uncertainty.

**Keywords:** forecasting, cryptocurrency market, time series, machine learning, neural networks, deep learning, hybrid model.

**Вступ.** У світі, де цифрові технології стрімко прогресують, криптовалюти є новим класом фінансових активів. Ринок криптовалют відкриває унікальні можливості для інвесторів, аналітиків та розробників програмного забезпечення. З моменту появи Bitcoin у 2009 році, криптовалютний ринок пройшов шлях від нішового інтересу до глобального фінансового феномену. Розвиток та популяризація криптовалют вимагає комплексних технологічних та аналітичних рішень для аналізу та прогнозування розвитку ринку, що стає ключовим інструментом для успішного інвестування.

Волатильність криптовалютних ринків, хоча і є привабливою для трейдерів, які шукають швидкий

прибуток, створює значні виклики для точного прогнозування. Ціни на криптовалюти можуть зазнавати екстремальних коливань через різноманітні зовнішні фактори, включаючи регуляторні втручання, зміни в технологічній інфраструктурі, макроекономічні тенденції та навіть соціальні настрої. Така непередбачуваність вимагає від аналітичного програмного забезпечення здатності швидко адаптуватися та оновлювати прогнози у реальному часі. Крім того, ринок криптовалют є досить молодим, і тут учасники ринку мають значно менший досвід передбачення порівняно з традиційними фінансовими ринками. Це ускладнює використання традиційних методів фінансового аналізу та прогнозування,

змушуючи аналітиків шукати інноваційні підходи та використовувати передові технології для збору, обробки та аналізу даних.

Оскільки передбачення такого ринку пов'язано з невизначеністю різної природи, обробкою великих обсягів даних та ще він залежить від стратегій учасників ринку, то є актуальною проблемою дослідження та розробка програмних систем, які реалізують сучасні методи штучного інтелекту, у тому числі машинного навчання, обробки природної мови та блокчейн технологій для забезпечення глибокого аналізу ринку, виявлення закономірностей та надання точних прогнозів. Використання такого ПЗ буде допомогою інвесторам для визначення потенційно прибуткових інвестиційних можливостей, управління ризиками та прийняття обґрунтованих рішень в умовах високої невизначеності.

### **Аналіз проблем аналізу ринку криптовалюти.**

Біткоїн та інші криптовалюти залежать не лише від власного попиту та пропозиції, оскільки макроекономічний індекс та індекс цін на важливі активи можуть вплинути на їх ціну. Вартість валюти може залежати лише від попиту та пропозиції на неї; але з цієї точки зору, наприклад, біткоїн далекий від того, щоб стати реальною валютою як стверджується у багатьох дослідженнях.

Визначають два основних фактори, які впливають на вартість криптовалюти, включаючи біткоїн.

1. Розмір ринку криптовалюти. Криптовалюта може отримати певну цінність від ринкових ефектів. Оскільки співвідношення між вартістю криптовалюти та розміром її ринку суперлінійне. Це означає, що вартість найпопулярнішої криптовалюти (біткоїн) набагато вища, ніж інших криптовалют з меншою кількістю трейдерів, і це відображається на ринковій капіталізації.

2. Темпи зростання обсягів ринку. У міру того, як ринок росте, потужність обробки, яка необхідна для виробництва монети, зростає, і це також додає цінності криптовалюти [1].

Існують різні механізми створення цінності для віртуальних валют, які відображають взаємодію між віртуальним ринком та реальною економікою [2].

Переважає більшість економічної літератури про біткойни та інші криптовалюти зазвичай присвячена вивченню різних факторів, які можуть пояснити динаміку цін. Детермінанти ціни можна згрупувати так:

- ринкові сили, тобто фактори попиту та пропозиції;
- макрофінансові фактори;
- інтерес громадськості та інвесторів, висвітлення новин;
- змінні, пов'язані з технологіями.

Наведемо приклади досліджень, присвячених аналізу впливу цих та інших факторів на ціну біткойну.

В дослідженні [3] вивчаються показники обсягів торгів і волатильності. Досліджувані 14 криптовалют

пройшли низку тестів, таких як тест Дікі-Фуллера. Автори аналізують нелінійну залежність між рівнем дисперсії прибутковості криптовалюти та загальною прибутковістю ринку криптовалют. Також розглядаються питання колективної поведінки. Інвестиції у біткоїн показують дуже високу волатильність, але також й дуже високу інвестиційну віддачу. Крім того, для інвесторів – гравців на ринку, добре диверсифіковані портфелі з високим ризиком компенсуються низькою кореляцією з іншими активами. Було проаналізовано та вивчено вибухове зростання біткойна та семи інших альткоїнів (Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar, Nem, Dash і Monero). Усі криптовалюти, за винятком Nem, демонстрували вибухову поведінку, все більше доводячи існування фінансових бульбашок. Ринок деяких криптовалют згодом стає неефективним. Наприклад, ринок Litecoin, де курс Херста з часом значно впав. Було зроблено висновок, що бізнес-система, заснована на криптовалютах, буде рости на 3% вище, ніж аналогічна система без криптовалют. Фінансовим посередникам, інвесторам необхідно модернізувати та оптимізувати свою діяльність за результатами вивчення динаміки криптовалют.

Виявлено, що постійність ціни має велике значення для майбутньої волатильності інших криптовалют. Умовна коваріація двох криптовалют суттєво залежить від попередніх новин, що підтверджує висновки попередніх досліджень про взаємопов'язаність криптовалют. Змінні у часі кореляції між біткойнами та ринком існують і коливаються як у позитивній, так і в негативній площині. Дослідники виділяють специфічний механізм ціноутворення: максимізація прибутку інвесторів крипторинку відіграє координуючу роль у створенні можливостей використання нової валюти (при невеликому розмірі ринку). Біткоїн корелює з різними фінансовими та відсотковими факторами, однак жоден із внутрішніх факторів не має істотного впливу на ціну.

Оскільки контролювати пропозицію грошей і відсоткові ставки стає все важче, то діяльність центральних банків потрібно буде адаптувати до цієї нової та інноваційної грошової системи. Це дуже важливо за умови, якщо криптовалюти будуть прийняті як еквівалентний засіб платежу та як фінансовий актив зі значною ринковою капіталізацією. Є певні правові та економічні труднощі використання криптовалюти для міждержавних переказів. Це може спричинити підвищення ціни на криптовалюту завдяки провокуванню зростання попиту. У результаті тестування ефективності ринку в широкому діапазоні криптовалют виявилось, що на ліквідних ринках ефективність вища, а волатильність нижча, оскільки активні трейдери частіше уникають передбачувати прибутковість. Вищі транзакційні витрати на ринках із низьким оборотом впливають на здатність трейдерів діяти швидко та легко, що призводить до неефективності ринку. Емпіричні результати показують, що економічні фактори, такі як інфляція та

ставка ФРС, мають довгостроковий вплив на ціну біткоїну. Це означає, що біткоїн у майбутньому може бути захистом від падіння курсу долара США для учасників фінансового ринку.

Більшість досліджень щодо фінансової стабільності інвестицій зосереджуються на криптовалютах як інвестиційному активі. Більшість біткоїнів належать інвесторам і не розглядаються як платіжний засіб. Після стрімкого зростання цін у 2017–2018 роках стало зрозуміло, що на ринку криптовалют існує бульбашка. Видування бульбашкових цін на активи не обов'язково призводить до проблем фінансової стабільності. Наприклад, крах бульбашки доткомов у 2000 році мав обмежені наслідки. Як доводять дослідження, необхідно створити декілька додаткових передумов, щоб викликати занепокоєння щодо фінансової стабільності. У цьому випадку інвестиції в активи повинні фінансуватися за рахунок короткострокових боргових зобов'язань, а ризики повинні бути значними. Цифрові валюти наразі не мають жодної з цих характеристик. Клас активів, який становить більше 60 мільярдів доларів (станом на 1 лютого 2019 року), ймовірно, занадто малий, щоб бути значним для впливу на фінансові системи країн. Наприкінці 2006 р. у США було випущено іпотечних облигацій на 800 мільярдів доларів, що стало однією з причин фінансової кризи. Дослідження волатильності криптовалют є важливим з точки зору фінансових інструментів для хеджування традиційних активів, а також з точки зору ціноутворення. Регулювання та економічна політика, яка пов'язана з використанням криптовалют, поступово посилюються багатьма країнами. Запровадження нових правил регулювання ринку криптовалют відбуватиметься у міру підвищення її інвестиційної привабливості. Крім того, використання індикатора VAR (value at risk) при аналізі ризиків інвестування у криптовалюту може не дати вірного виміру цього ризику, хоча це найпопулярніший показник фінансового ризику.

**Аналіз задачі прогнозування тренду ринку криптовалюти.** Криптовалютний ринок, незважаючи на свої інноваційні переваги та потенціал для революції у світовій економіці, стикається з численними проблемами, які ускладнюють аналіз та прогнозування його трендів.

Однією з ключових проблем є висока волатильність криптовалютних активів. Вартість криптовалют може зазнавати різких коливань протягом дуже короткого проміжку часу. Найчастіше на вартість впливають такі зовнішні фактори, як регуляторні зміни, заяви відомих особистостей у сфері технологій та фінансів, а також макроекономічні події. Ці коливання створюють невизначеність та ризики, які вимагають від інвесторів та аналітиків глибокого розуміння ринку та спроможності швидко адаптуватися до змін.

Другою значною проблемою є непередбачуваність ринкових трендів. Криптовалютний ринок демонструє унікальні моделі

поведінки усіх учасників, які часто відрізняються від поведінки гравців на традиційних фінансових ринках. Вплив новин та соціальних медіа є надзвичайно великим, а настрої інвесторів можуть різко змінюватися, впливаючи на ринкові ціни. Традиційні методи фінансового аналізу, такі як технічний та фундаментальний аналіз, можуть бути недостатньо ефективними для виявлення майбутніх трендів на такому динамічному ринку.

Крім того, існує величезна кількість криптовалют та токенів, кожен з яких має свої власні особливості, використання та потенціал для зростання. Різноманітність активів ускладнює завдання аналітиків, які прагнуть ідентифікувати найбільш перспективні інвестиційні можливості. Це вимагає не тільки глибокого аналізу технологічного потенціалу кожної криптовалюти, але й розуміння її місця у ширшому екосистемному контексті.

Останньою, але не менш важливою проблемою, є регуляторна невизначеність. Різні країни вживають різні підходи до регулювання криптовалют, що може раптово змінити правила гри та вплинути на ринкові ціни. Інвестори та аналітики повинні бути уважними до регуляторних оновлень та їх потенційного впливу на ринок.

Разом ці проблеми формують складний ландшафт для аналізу та прогнозування криптовалютного ринку, вимагаючи від розробників програмного забезпечення інноваційного підходу та використання передових технологій.

У контексті описаних проблем, які охоплюють криптовалютний ринок, ключовою задачею є розробка програмного забезпечення, здатного ефективно аналізувати та прогнозувати тренди криптовалют. Це програмне забезпечення має вирішити ряд специфічних викликів, щоб надати інвесторам, трейдерам та аналітикам надійний інструмент для прийняття обґрунтованих рішень у високодинамічному та непередбачуваному середовищі криптовалютного ринку.

**Мета роботи.** Провести дослідження проблем прогнозування криптовалютного ринку, обґрунтувати доцільність використання класичних методів прогнозування та методів машинного навчання для прогнозування ринкових цін на криптовалюту

**Аналіз досліджень та публікацій щодо прогнозування ринку криптовалюти.**

Вибір адекватного методу прогнозування цін фінансових інструментів є основною темою для дискусій у сфері управління фінансами. Стосовно прогнозування цін на криптовалюту, то це також актуальна проблема, але вона має інше підґрунтя та свої особливості вирішення.

По-перше, передбачення тренду ринку криптовалюти може допомогти трейдерам прийняти правильні інвестиційні рішення з метою отримання вищих прибутків та підтримати прийняття стратегічних рішень.

По-друге, вивчення питання прогнозування ринкових коливань цін на криптовалюту дасть фінансовим дослідникам інформаційного забезпечення для аналізу поведінки учасників ринку криптовалюти та передбачення у змінах фінансових систем країн, які у той чи іншій мірі залежать від активності на крипторинку. Звичайно, прогнози параметрів криптовалютного ринку можна використовувати як основу для розробки торгових стратегій, спрямованих на отримання надмірних прибутків на ринку криптовалют

Для розуміння сучасного стану досліджень щодо прогнозування криптовалютного ринку було проаналізовано ряд наукових публікацій. Цей аналіз дозволяє виявити ключові методи, які використовують у вивченні трендів криптовалют, переваги та обмеження їх використання для різних видів криптовалют.

Методи для прогнозування крипторинку [4] наведені на рисунку 1.



Рис. 1. Методи для прогнозування крипторинку

Ціни на криптовалюту дуже мінливі та мають нелінійні та нестационарні характеристики, що збільшує кількість аналітичних складнощів і перешкоджає здатності надійно інтерпретувати механізми формування ціни. Щоб вирішити цю проблему, дослідники використовують метод емпіричної декомпозиції (Empirical Mode Decomposition, EMD) [5]. Метод EMD розкладає вихідний часовий ряд на різні функції внутрішнього режиму (IMF) і досліджує кореляцію між різними змінними у витягнутих композиціях. Наприклад, у роботі [6] інтерпретували формування ціни біткоіну за допомогою техніки EMD. Запропоновано підхід ансамблевої емпіричної декомпозиції моди (Ensemble Empirical Modi Decomposition, EEMD) для перевірки того, чи може біткоїн виступати у якості інструмента хеджування та надійного інструмента прогнозування цін на акції США під час президентських виборів у США 2016 року. Проведено порівняння результатів застосування методу EEMD для визначення здатності біржових цін на нафту, дорогоцінні метали і біткоїн захищатися від політичної невизначеності у різних масштабах. Попередні дослідження були обмеженими, оскільки дослідники ігнорували кореляції між різними цінами на криптовалюту. Це перше дослідження [6], яке спрямоване на усунення цього недоліку. Тут пропонується двоетапна структура (2SDC), яка починається з багатовимірної емпіричної декомпозиції за допомогою шуму (NA-MEMD) для аналізу базових характеристик криптовалют. Проаналізовано ціни шести криптовалют у період з 23 липня 2017 року по 23 липня 2019 року, включаючи щоденні ціни закриття біткоіну та п'яти альткоїнів. На першому

етапі всі шість часових рядів криптовалюти спільно розкладаються на 10 IMF в діапазоні від високої до низької частоти плюс залишкова складова. На другому етапі використано тест Вілкоксона зі знаковим рангом, щоб розділити IMF для кожної криптовалюти на високочастотну композицію, низькочастотну композицію та довгостроковий тренд. Ці три багатомасштабні компоненти можна інтерпретувати як: короточасні коливання, які викликані людськими емоціями; настрої інвесторів і мікроструктура; вплив значущих подій; фундаментальні цінності.

Прогнозування курсу криптовалюти можна розглядати як звичайний тип проблем часових рядів, як наприклад, прогнозування курсу акцій. Традиційні методи часових рядів, такі як добре відома модель інтегрованого ковзного середнього з авторегресією (AutoRegressive Integrated Moving Average – ARIMA) застосовуються для прогнозування цін і динаміки криптовалют [7].

У дослідженні [8] доведено, що хоча модель ARIMA може ефективно прогнозувати часові ряди з лінійними взаємозв'язками, вона менш ефективна для ринків з високою волатильністю, що характерно для криптовалют.

Отже, розглянуті моделі не здатні охопити нелінійні шаблони дуже складних проблем прогнозування на відміну від алгоритмів глибокого навчання, які досягають більшої продуктивності при прогнозуванні проблем часових рядів [9].

Автори Pierre Giot, Sébastien Laurent, Mikael Petitjean дослідження [10] та дослідник Peter G. Zhang [11] для покращення точності прогнозів на нелінійних даних використовують гібридні моделі, які поєднують

ARIMA з іншими методами, зокрема машинами опорних векторів (SVM) та нейронними мережами (NN). Ці підходи демонструють, що інтеграція різноманітних аналітичних методів може значно підвищити якість прогнозування ринкових трендів.

У роботі [3] досліджено прибутковість виробництва біткойнів, його слабкі сторони та довгострокову фінансову стабільність. Вивчення ефективності моделей у подальшому дає змогу порівняти ефективність фінансового та машинного прогнозування. З точки зору витрат на створення (з технічної сторони) запропоновано вартісні моделі. У ході розрахунків і експериментів було виявлено, що вартість виконання бізнес-процесів в Ethereum може бути на два порядки вища, ніж в Amazon SWF. Враховуючи високу волатильність обмінного курсу, модель вартості є більш важливою, ніж будь-коли. Блокчейн використовує децентралізований підхід до побудови.

Прогнозування ціни криптовалюти – це проблема часових рядів, яку можна вирішити за допомогою регресії та інших методів машинного навчання. Дослідження [12] та [13] вказують на потенціал машинного навчання у виявленні складних патернів та трендів, що не можуть бути легко ідентифіковані за допомогою більш традиційних статистичних методів. Значний інтерес викликає використання аналізу настроїв у соціальних мережах для прогнозування ринкової динаміки. Дослідження в області криптовалют, такі як опубліковані у Imperial College London, вказують на зв'язок між публічними настроями та ринковими трендами, підкреслюючи важливість соціальних сигналів у прогнозуванні цінних змін [14].

Більшість дослідників стверджує, що сильні коливання цін на біткоїн спричиняє використання прогнозування як основи для прийняття рішень інвесторами. Отже, метод часових рядів використовується як модель прогнозування, а потім треба знайти шаблон для прогнозування майбутніх подій. Класичні методи часових рядів часто порушують статистичні припущення. Через незбалансовані результати прогнозування використовуються методи вільних припущень, наприклад метод із ланцюгом Маркова нечітких часових рядів, логічний метод Чена та його сегментовані методи. У дослідженні [15] побудовано модель прогнозування ціни біткоїна на найближчий період на основі даних з 2010 по 2020 рік. Запропоновані методи краще підходять для цін біткойнів з використанням даних часових рядів. Крім того, метод ланцюга Маркова нечітких часових рядів має найменшу похибку точності на основі середньої абсолютної відсоткової помилки (MAPE) порівняно з сегментованим логічним методом Чена нечітких часових рядів і логічним методом Чена нечітких часових рядів. Гетерогенна агентська модель ринку біткоїн відносно точно моделює багато характеристик реального ринку. Вона включає різні торгові стратегії, початковий розподіл капіталу за законом Парето, реалістичну торгівлю та механізм вирівнювання цін на

основі книги замовлень, а також збільшення загальної кількості біткойнів внаслідок майнінгу за певний час. Автокореляція вихідних доходів дуже низька для всіх періодів часу, тоді як автокореляція абсолютних доходів набагато вища, що підтверджує наявність волатильності кластеризації ринку. Крім того, абсолютні доходи демонструють важкі хвости з позитивним надлишком, подібним до реальних абсолютних доходів.

Дослідження [16, 17] присвячені проблемам короткострокового прогнозування часових рядів криптовалют з використанням підходу машинного навчання (ML). Зосередженість на вивченні фінансових часових рядів дозволяє проаналізувати методологічні принципи, включаючи переваги та недоліки використання алгоритмів ML. 90-денний часовий горизонт динаміки трьох найбільш капіталізованих криптовалют (Bitcoin, Ethereum, Ripple) оцінювався за допомогою моделі Binary Autoregressive Tree (BART), нейронних мереж (multilayer perceptron, MLP) і ансамблю дерев класифікації та регресії. Перевага розроблених моделей полягає в тому, що їх застосування не накладає жорстких обмежень на статистичні властивості часових рядів досліджуваних криптовалют, а в якості предикторів використовуються лише минулі значення цільової змінної. Порівняльний аналіз прогностичної здатності побудованих моделей показав, що всі моделі адекватно описують динаміку криптовалют із середньою абсолютною похибкою в процентах (MAPE) для моделей BART і MLP в середньому 3,5%, а для моделей RF в межах 5%. Оскільки з точки зору торгівлі цікаво передбачити напрямок зміни ціни або тренду, а не його числове значення, практичне застосування моделі BART також було продемонстровано в прогнозуванні напрямку зміни ціни на 90-денний період. Для цього в методиці оцінки ступеня привабливості криптовалют як інноваційного фінансового інструменту використано модель бінарної класифікації. Проведене комп'ютерне моделювання підтвердило доцільність використання методів і моделей машинного навчання для короткострокового прогнозування фінансових часових рядів. Побудовані моделі та їх ансамблі можуть бути основою для алгоритмів автоматизованих торгових систем Інтернет-трейдингу. Це підтвердження можна знайти у роботах [18, 19, 20]

У дослідженні [21] передбачуваність дванадцяти високоліквідних криптовалют аналізується на щоденному та хвилинному рівнях з використанням алгоритмів класифікації машинного навчання, включаючи машини опорних векторів, логістичну регресію, штучні нейронні мережі та випадкові ліси з інформацією про минулі ціни та технічні індикатори як ознаки моделі. Середня точність класифікації чотирьох алгоритмів постійно перевищує порогове значення в 50% для всіх криптовалют і для всіх часових масштабів, що показує, що існує певна передбачуваність тенденцій цін на ринках криптовалют. Алгоритми класифікації машинного

навчання досягають приблизно 55-65% точності прогнозування в середньому на щоденних або хвилинних частотах, тоді як машини опорних векторів демонструють найкращі та послідовні результати з точки зору точності прогнозування порівняно з логістичною регресією, штучними нейронними мережами та випадковим лісом.

Як вже зазначалось, точне прогнозування ціни криптовалюти за своєю природою є надзвичайно необхідною, але складною проблемою, оскільки її значення мають дуже значні коливання з часом після майже хаотичної та непередбачуваної поведінки. Тому йде постійний пошук нових методів для передбачення різних тенденцій крипторинку. Глибоке навчання (Deep Learning, DL) відноситься до потужних алгоритмів машинного навчання, які спеціалізуються на вирішенні нелінійних і складних проблем, використовуючи в більшості випадків великі обсяги даних, щоб стати ефективними прогнозними моделями [22].

Моделі глибокого навчання, зокрема глибокі нейронні мережі прямого зв'язку, вже знайшли численні застосування в кількісних фінансах, таких як прогнозування волатильності. У схемі керованого навчання нейронні мережі є корисним інструментом для прогнозування ціни, оскільки для їх застосування не потрібні сильні припущення, що контрастує з традиційними моделями часових рядів, такими як ARIMA та її розширення. Крім того, архітектури глибокого навчання знаходять закономірності з великим узагальненням, наприклад мережі LSTM (Long Short-Term Memory) здаються більш придатними для послідовних даних, таких як часові ряди. Тим не менш, DL часто критикують за відсутність фундаментальної теорії, яка могла б «відкрити його чорну скриньку».

Актуальним на цей час є дослідження щодо використання глибоких моделей таких, як багатошаровий перцептрон (Multilayer Perceptron, MLP) [28], рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Network, RNN) і LSTM [24], а потім результати використовувати для побудови програмних систем для торгів на ринку криптовалюти. Розглянемо деякі дослідження.

Доведено багатьма дослідженнями, що мережі LSTM можуть перевершити, з точки зору точності прогнозування ринку криптовалют інші архітектури глибоких нейронних мереж, такі як MLP і RNN. У дослідженні [15] використовується нова модель глибокого навчання для прогнозування ціни криптовалюти. Запропонована модель використовує алгоритм рекурентних нейронних мереж (RNN), заснований на методі LSTM для прогнозування ціни.

У роботі [22] розглядається ідея використання LSTM і BiLSTM у задачах прогнозування ціни криптовалюти, яка полягає в тому, що ці мережі можуть фіксувати корисні залежності довгих або коротких шаблонів послідовності завдяки своїй особливій архітектурі, що сприяє продуктивності прогнозування. Тоді як згорткові рівні моделі CNN [25] можуть відфільтрувати шум необроблених

вхідних даних і витягти цінні функції, створивши менш складний набір даних, який буде корисним для кінцевої моделі прогнозування. Крім того, продуктивність моделей DL порівнювалася з традиційними найсучаснішими моделями ML:

- 1) опорним векторним регресором (Support Vector Regressor – SVR);
- 2) 3-найближчими сусідами (3-Nearest Neighbors – 3NN);
- 3) регресором дерева рішень (Decision Tree Regressor – DTR).

Довга короткочасна пам'ять (LSTM) [25] становить особливий тип глибоких нейронних мереж, які здатні вивчати довгострокові залежності, використовуючи зв'язки зворотного зв'язку, щоб «запам'ятати» минулі стани комірки мережі. Ці мережі стали дуже популярними, оскільки вони були успішно застосовані в широкому діапазоні додатків і продемонстрували чудову продуктивність у прогнозуванні часових рядів [16]. Точніше, мережі LSTM складаються з комірки пам'яті, входу, виходу та пропуску. Вхідний вентиль контролює нову інформацію, що зберігається в комірці пам'яті, тоді як пропускний елемент контролює інформацію, яка повинна бути знищена. Нарешті, вихідний вентиль контролює кінцеве вихідне інформаційне значення, яке надається після затримки в забутий вхідний вентиль, використовуючи петлю зворотного зв'язку. Отже, LSTM може створити контрольований інформаційний потік, фільтруючи непотрібну інформацію і, так досягаючи вивчення довгострокових залежностей. Багато існуючих досліджень використовують LSTM для прогнозування ціни завдяки його механізму стробування (gating mechanism), здатному фіксувати послідовну та часову інформацію в даних [16]. У дослідженні [28] зведено результати наявних робіт щодо використання нейронних мереж для прогнозування ринку криптовалют.

Двонаправлена довготривала короткочасна пам'ять (Bidirectional Long Short-Term Memory – BiLSTM) [22] – це особливий тип рекурентних нейронних мереж, які з'єднують два шари LSTM протилежних напрямків до одного виходу, щоб запам'ятовувати минулі та майбутні стани комірки мережі. Ідея полягає в тому, що кожна навчальна послідовність представлена у прямому та зворотньому напрямку з двома окремими рівнями LSTM, спрямованих на доступ як до минулого, так і до майбутнього контексту для певного часу. Перший прихований рівень містить повторювані з'єднання з минулих часових кроків; у той час як у другому повторюванні з'єднання змінюються, передаючи активацію назад уздовж послідовності.

Згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks – CNN) [22] є ще один тип глибоких нейронних мереж, які використовують шари згортки та об'єднання, щоб фільтрувати необроблені вхідні дані та витягувати цінні функції, які живитимуть повністю пов'язаний рівень для отримання кінцевого результату. Більш конкретно, вони застосовують

операції згортки у вхідних даних і для створення нових більш корисних функцій. За згортковими шарами зазвичай слідує шар об'єднання, який витягує значення зі згорнутих об'єктів, створюючи екземпляр нижчої розмірності. Насправді рівень об'єднання створює нові функції, які можна розглядати як узагальнені версії згорнутих функцій, створених згортковим рівнем. Це означає, що операції об'єднання можуть значно допомогти мережі стати більш надійною.

Отже, перспективним напрямком дослідження є використання гібридних моделей на основі глибокого навчання [23, 24, 25, 29].

У статті [30] досліджується застосування методів ML і обробки природної мови (NLP) у прогнозуванні цін на криптовалюту, зокрема Bitcoin (BTC) і Ethereum (ETH). Проведено аналіз впливу суспільних настроїв у соціальних мережах Twitter і Reddit на оцінку криптовалюти за допомогою методів глибокого навчання NLP. Розглянуто прогнозування ціни криптовалюти як задачу класифікації. Це включає як передбачення руху ціни (вгору або вниз), так і визначення локальних екстремумів. Порівняно продуктивність різних моделей ML як з інтеграцією даних NLP, так і без неї. Показано, що включення даних NLP значно покращує ефективність прогнозування. Попередньо підготовлені моделі, такі як Twitter-RoBERTa та BART MNLI, ефективні в охопленні настроїв ринку, і що точне налаштування великих мовних моделей (LLM) також дає суттєві покращення прогнозування. Модель класифікації нульового удару BART MNLI була ефективною у вилученні бичачих і ведмежих сигналів із текстових даних. Дослідження підкреслило потенціал аналізу тексту для покращення фінансових прогнозів і продемонструвало ефективність різних методів NLP у виявленні нюансів ринкових настроїв.

**Висновки щодо використання методів прогнозування для передбачення тенденцій криптовалютного ринку.** У відповідь на складні виклики, які ставить перед інвесторами криптовалютний ринок, пропонується цілий ряд інноваційних рішень, спрямованих на підвищення точності аналізу та прогнозування тенденцій ринку. Ці пропозиції охоплюють використання передових технологій, розробку комплексних аналітичних інструментів та підвищення інтерактивності та доступності інформації для користувачів. Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу історичних та поточних даних ринку може значно підвищити точність прогнозів. Розробка моделей глибокого навчання, здатних виявляти складні закономірності в поведінці ринку, дозволить прогнозувати цінові рухи з вищою достовірністю. Ключовим аспектом є створення гнучких моделей, які можуть адаптуватися до нових даних та змін у ринковій динаміці. Комбінація традиційних фінансових аналізів з інноваційними методами машинного навчання може призвести до створення потужних гібридних моделей.

Ці моделі використовуватимуть як кількісні, так і якісні дані для створення більш точних прогнозів. Важливо також інтегрувати аналіз настроїв на ринку, використовуючи дані з соціальних мереж та новинних сайтів, для виявлення потенційних трендів та впливу публічних настроїв на ціни криптовалют.

Отже, незважаючи на значний прогрес у методах прогнозування криптовалютних трендів, існує потреба в подальшій розробці та інтеграції різноманітних аналітичних інструментів. Особливу увагу слід звернути на розробку гібридних моделей, які можуть ефективно враховувати та обробляти нелінійність та волатильність криптовалютних ринків, а також на аналіз настроїв для залучення даних з соціальних мереж. Ці підходи вимагають глибокого знання в області машинного навчання, статистики, а також розуміння специфіки криптовалютного ринку. Для реалізації такого комплексу моделей необхідно розробити програмне забезпечення. Таке ПЗ повинно відповідати особливим вимогам щодо інтерфейсу, безпеки даних та обробки та аналізу даних порівно з подібними програмними системами, які впроваджуються на інших фінансових ринках.

З огляду на динамічне регуляторне середовище, програмне забезпечення повинно бути гнучким, дозволяючи швидко адаптуватися до змін у законодавстві та регуляторних вимогах у різних юрисдикціях. Це забезпечить його відповідність сучасним правовим нормам та стандартам, а також захистить користувачів від потенційних юридичних ризиків. Інтерактивний і зручний користувацький інтерфейс є ключовим для забезпечення доступності складних аналітичних інструментів широкому колу користувачів. Інтерфейс повинен дозволяти користувачам легко налаштовувати параметри аналізу, вибирати моделі прогнозування та візуалізувати дані через графіки, діаграми та інші графічні засоби. Це зробить процес аналізу більш інтуїтивно зрозумілим та ефективним. У світлі зростаючих загроз кібербезпеки та важливості збереження конфіденційності даних, програмне забезпечення має включати сучасні механізми захисту даних. Це охоплює використання надійних алгоритмів шифрування, розробку безпечних протоколів передачі даних та імплементацію багаторівневих систем аутентифікації користувачів. Програмний код найчастіше пишуть на Python, для моделей глибокого навчання використовують бібліотеку Keras і Theano як серверну частину, а бібліотеку Scikit-learn використовують для моделей машинного навчання.

Реалізація цих пропозицій дозволить створити ефективне програмне забезпечення для аналізу та прогнозування криптовалютного ринку, здатне надавати високоякісні, обґрунтовані прогнози та аналітичні дані. Таке рішення стане незамінним інструментом у руках інвесторів та аналітиків, допомагаючи їм приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності та високої волатильності ринку.

**Висновки.** Аналіз криптовалютного ринку в сучасному динамічному та непередбачуваному економічному середовищі ставить перед дослідниками та розробниками складні завдання. Вивчення існуючих методів прогнозування показало, що не існує універсальної стратегії, здатної забезпечити точність прогнозів у всіх ситуаціях. З огляду на ці виклики, розробка інтегрованих гібридних моделей, які поєднують класичні методи фінансового аналізу з інноваційними підходами машинного навчання та інших технологій штучного інтелекту, видається перспективним напрямком. Такі моделі можуть значно покращити якість прогнозування, використовуючи глибокий аналіз великих даних для ідентифікації складних патернів і трендів, які недоступні при традиційному аналізі. Важливу роль у процесі прогнозування відіграє також аналіз настроїв на ринку. Використання даних з соціальних мереж та новинних платформ дозволяє виявляти загальні тренди намірів учасників ринку, що може слугувати потужним індикатором майбутніх рухів цін на криптовалюті. Інтеграція цього аспекту в аналітичні інструменти надає додатковий рівень глибини аналізу, дозволяючи враховувати не лише економічні показники, а й психологічні аспекти ринкової поведінки.

Отже, на основі аналізу сучасних джерел інформації та досліджень щодо використання методів прогнозування для передбачення ринку криптовалюти зроблено такі висновки.

По-перше, ринок є дуже волатильним, тому результати будь-якого прогнозу на основі суто аналітичних методів недоцільно використовувати на практиці.

По-друге, отримані прогнози на основі використання існуючих методів можуть бути використані тільки для оцінки тенденції ринку певної криптовалюти.

По-третє, проведення прогнозування ринку криптовалюти дає можливість аналітику опрацювати велику кількість даних та зробити аналіз тенденцій ринку і можливо отримати інформацію щодо впливових факторів на ринкову вартість криптовалюти, на обсяги продажів.

У-четверте, оскільки ринок криптовалют характеризується високою невизначеністю та чутливістю до множини зовнішніх факторів, то це вимагає застосування програмного забезпечення для швидкого адаптування до змін. Доцільність розробки програмних систем для аналізу та прогнозування ринку криптовалюти обумовлено необхідністю інформаційної підтримки процесу прийняття рішень трейдерів щодо покупки/продажу певної криптовалюти у визначеному обсязі для досягнення своїх інвестиційних та інших цілей.

#### Список літератури

- An J., Dorofeev M. Short-term foreign exchange forecasting: decision making based on expert polls. *Investment Management and Financial Innovations*, 2019. Vol. 16(4). Pp. 215-228. DOI:10.21511/imfi.16(4).2019.19
- An J., Dorofeev M., Zhu S. Development of Energy Cooperation between Russia and China. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020. Vol. 10(1). Pp 134-139. DOI:10.32479/ijeep.8509
- Mikhaylov, A., Danish, M.S.S., Senjyu, T. A New Stage in the Evolution of Cryptocurrency Markets: Analysis by Hurst Method. Dinçer, H. and Yüksel, S. (Ed.) *Strategic Outlook in Business and Finance Innovation: Multidimensional Policies for Emerging Economies*. Emerald Publishing Limited, Leeds, 2021. Pp. 35-45. DOI:10.1108/978-1-80043-444-820211004
- Nasirtafreshi I. Forecasting cryptocurrency prices using Recurrent Neural Network and Long Short-term Memory. *Data & Knowledge Engineering*, 2022. Vol. 139 (4). DOI:10.1016/j.datak.2022.102009.
- Huang N. E., Shen Z., Longet S. R. et al. The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear and Non-Stationary Time Series Analysis. *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. DOI:10.1098/rspa.1998.0193.
- Bouoiyour J., Selmi R., Tiwari A. K., Olayeni O. R. Bitcoin: competitor or complement to gold? *Economics Bulletin, AccessEcon*, 2019. Vol. 39(1). Pp. 186-191. URL: [https://www.researchgate.net/publication/330501039\\_Bitcoin\\_competitor\\_or\\_complement\\_to\\_gold](https://www.researchgate.net/publication/330501039_Bitcoin_competitor_or_complement_to_gold) (дата звернення: 31.01.2024)
- Olvera-Juarez D., Huerta-Manzanilla E. Forecasting Bitcoin pricing with hybrid models: a review of the literature. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 2019. Vol.6(9). Pp.161-164. DOI:10.22161/ijaers.69.18
- Rebelo, Rui; Ramos, Patrícia; Santos, Nicolau. Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2015 Vol. 34. Pp. 151-163. DOI: 10.1016/j.rcim.
- Siami-Namini S., Tavakoli N., Namin A. S. A comparison of ARIMA and LSTM in forecasting time series. *7th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications*, 2018. Pp. 1394-1401. DOI 10.1109/ICMLA.2018.00227.
- Giot, P., Laurent S., Petitjean M. Trading activity, realized volatility and jumps. *Journal of Empirical Finance*, 2010. Vol.17(1). Pp.168-175. DOI:10.1016/j.jempfin.2009.07.001
- Zhang P.G. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, Vol.50, Pp.159-175. DOI:10.1016/S0925-2312(01)00702-0
- Xu W., Hui P., Zeng X., Zhou F., Tian X, Xiaoying P. A hybrid modelling method for time series forecasting based on a linear regression model and deep learning. *Appl Intell*, 2019. Vol.49, Pp.3002-3015. DOI:10.1007/s10489-019-01426-3
- Lai, Robert K.; Fan, Chin-Yuan; Huang, Wei-Hsiu; Chang, Pei-Chann. "Evolving and clustering fuzzy decision tree for financial time series data forecasting. *Expert Systems with Applications*, 2009. Vol. 36 (2), Part 2. Pp. 3761-3773. DOI:10.1016/j.eswa.2008.02.025
- Yan X. *Forecasting Cryptocurrency Prices*. URL: [https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/faculty-of-natural-sciences/department-of-mathematics/math-finance/Forecasting\\_cryptocurrency\\_prices.pdf](https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/faculty-of-natural-sciences/department-of-mathematics/math-finance/Forecasting_cryptocurrency_prices.pdf) (дата звернення: 31.01.2024)
- Ramadani K., Devianto D. The forecasting model of Bitcoin price with fuzzy time series Markov chain and chen logical method. *AIP Conference Proceedings*. 2020. Vol. 2296, 020095. P.1-11. DOI:10.1063/5.0032178.
- Derbentsev V. Forecasting Cryptocurrency Prices Using Ensembles-Based Machine Learning Approach. 2020 *IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*. DOI:10.1109/PICST51311.2020.9468090
- Derbentsev V., Matviychuk A., Soloviev V.N. Forecasting of Cryptocurrency Prices Using Machine Learning. *Advanced Studies of Financial Technologies and Cryptocurrency Markets*, 2020. Pp. 211-231.
- Zhang Z., Zhou J., Mondalet S., Dai H-N. Forecasting cryptocurrency price using convolutional neural networks with weighted and attentive memory channels. *Expert Systems with Applications*, 2021. Vol. 183, 115378. Pp. DOI:10.1016/j.eswa.2021.115378
- Jay P., Kalariya V., Parmar P., Tanwar S. Stochastic neural networks for cryptocurrency price prediction. *IEEE Access*, 2020. Vol. 8. P. 82804-82818. DOI:10.1109/ACCESS.2020.2990659
- Sebastião, H.; Godinho, P. Forecasting and trading cryptocurrencies with machine learning under changing market conditions. *Financial*



- Innovation*, 2021. Vol. 7. Pp. 1–30. DOI:10.1186/s40854-020-00217-x
21. Akyildirim E., Goncu A., Sensoy A. *Prediction of Cryptocurrency Returns Using Machine Learning*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/329322600>, 25.04.2023.
  22. Pintelas E., Stavroyiannis S., Livieris I., Kotsilieris T. Investigating the Problem of Cryptocurrency Price Prediction: A Deep Learning Approach. *Artificial Intelligence Applications and Innovations*. 2020. Publisher: Springer International Publishing. Pp.99-110. DOI:10.1007/978-3-030-49186-4\_9.
  23. Jiang X. Bitcoin price prediction based on deep learning methods. *Journal of Mathematical Finance*, 2019. Vol.10. Pp. 132–139. DOI:10.4236/jmf.2020.101009
  24. Politis A., Doka K., Koziris N. Ether price prediction using advanced deep learning models. *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, 2021. Pp.1–3. DOI: 10.1109/ICBC51069.2021.9461061
  25. Livieris I. E., Kiriakidou N., Stavroyiannis S., Pintelas P. E. An advanced CNN-LSTM model for cryptocurrency forecasting. *Electronics*, 2021. Vol. 10, 287. Pp. DOI:10.3390/electronics10030287, 25.04.2023.
  26. Fawaz I. Deep learning for time series classification: a review. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2019. Vol. 33(4). Pp. 917–963. DOI:10.1007/s10618-019-00619-1.
  27. Saadah S., Whafa A. A. Monitoring Financial Stability Based on Prediction of Cryptocurrencies Price Using Intelligent Algorithm. *2020 International Conference on Data Science and its Applications (ICoDSA)*, 2020. Pp. 1–10. DOI:10.1109/ICoDSA50139.2020.9212968.
  28. Kang C.Y., Lee C.P., Lim K.M. Cryptocurrency Price Prediction with Convolutional Neural Network and Stacked Gated Recurrent Unit. *Data*. 2022. Vol. 7 (11), 149. Pp. DOI:10.3390/data7110149
  29. Tanwar S., Patel N., Patel S. N. Deep learning-based cryptocurrency price prediction scheme with inter-dependent relations. *IEEE Access*, 2021.Vol. 9. Pp. 138633–138646. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3117848
  30. Gurgul V., Lessmann S., Härdle W. K. K. Forecasting Cryptocurrency Prices Using Deep Learning: Integrating Financial, Blockchain, and Text Data. *arXiv preprint arXiv:2311.14759*, 2023. Pp.1-35. DOI:10.48550/arXiv.2311.14759.

Надійшла (received) 22.02.2024

## Відомості про авторів / About the Authors

**Москаленко Валентина Володимирівна (Moskalenko Valentyna)** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри інформаційних систем та технологій, м. Харків, Україна; e-mail: [valentinamosk17@gmail.com](mailto:valentinamosk17@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9994-5404>.

**Фонта Наталія Григорівна (Fonta Nataliia)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних систем управління, м. Харків, Україна; e-mail: [natalia.fonta@dataart.com](mailto:natalia.fonta@dataart.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5593-1409>

**Гавриленко Антон Владиславович (Havrylenko Anton)** – магістр кафедри інформаційних систем та технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [anton.havrylenko@cs.khpi.edu.ua](mailto:anton.havrylenko@cs.khpi.edu.ua); ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4151-0191>

**Безчастний Олексій Максимович (Bezchastnyi Oleksii)** – магістр кафедри інформаційних систем та технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [oleksii.bezchastnyi@cs.khpi.edu.ua](mailto:oleksii.bezchastnyi@cs.khpi.edu.ua); ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1023-3750>

*А. А. ПАШНЄВ, М. В. СЛЕПУШКОВ, Д. О. ГУРТ, І. В. ЛЮТЕНКО*

## ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РОЗГОРТАННЯМ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РЕСУРСІВ ХМАРНИХ ПРОВАЙДЕРІВ

Проведено аналіз основних етапів процесу розгортання програмної системи із використанням ресурсів хмарних провайдерів. Розроблені моделі можливих варіантів управління розгортанням програмної системи із використанням нотації BPMN. На основі проведеного моделювання визначені переваги та недоліки неавтоматизованого, автоматизованого та автоматичного управління процесом розгортання. Розроблено та декомпозовано модель автоматичного розгортання програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів в нотації IDEF0, яка дозволила дослідити функціональну взаємодію окремих етапів процесу розгортання програмної системи. На основі розробленої контекстної та декомпозиційної діаграм IDEF0, в рамках моделювання процесу розгортання програмної системи, проведено аналіз функціональної взаємодії етапів Build та Deploy, який показав, що саме ці етапи мають найбільше функціональне навантаження та потребують більш детального дослідження, з метою пошуку шляхів їх оптимізації. З цією метою, було розроблено та проведено аналіз декомпозиційних діаграм IDEF0 та DFD, які моделюють функціональну взаємодію та потоки даних між складовими підпроцесів Build та Deploy. Аналіз функціональної взаємодії та потоків даних, що породжуються та передаються між окремими складовими підпроцесів Build та Deploy дозволив виявити важливий аспект, який полягає в тому, що при кожному виконанні компіляції вихідного коду та створенні контейнера потрібно завантажувати дані із зовнішніх бібліотек. Це в свою чергу фактично призводить до суттєвого збільшення зовнішнього трафіку, що впливає на швидкість розгортання програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів. В якості можливого шляху оптимізації підпроцесів Build та Deploy запропоновано створення кешу для збереження завантажених даних із зовнішніх бібліотек з метою їх повторного використання, а також реалізацію контролю над здійсненням запитів до зовнішніх бібліотек та процесом кешування даних, що дозволить мінімізувати витрати часу на передачу даних із зовнішніх бібліотек під час автоматичного розгортання.

**Ключові слова:** управління розгортанням, програмна система, дата центр, хмарні провайдери, Build, Deploy.

*A. PASHNIEV, M. SLIEPUSHKOV, D. HURT, I. LIUTENKO*

## RESEARCH OF THE MANAGEMENT OF SOFTWARE SYSTEM DEPLOYMENT USING THE RESOURCES OF CLOUD PROVIDERS

The main stages of the process of deploying a software system using the resources of cloud providers are analyzed. The models of possible options for managing the deployment of a software system using the BPMN notation are developed. Based on the modeling, the advantages and disadvantages of non-automated, automated, and automatic management of the deployment process are identified. A model of automatic deployment of a software system using the resources of cloud providers' data centers in IDEF0 notation has been developed and decomposed, which allowed to study the functional interaction of individual stages of the software system deployment process. Based on the developed contextual and decomposition IDEF0 diagrams, within the framework of modeling the software system deployment process, an analysis of the functional interaction of the Build and Deploy stages was carried out, which showed that these stages have the greatest functional load and require more detailed research in order to find ways to optimize them. With this purpose, were developed and analyzed IDEF0 and DFD decomposition diagrams that model the functional interaction and data flows between the components of the Build and Deploy subprocesses. Analysis of the functional interaction and data flows generated and transferred between the individual components of the Build and Deploy subprocesses revealed an important aspect, which is that each time the source code is compiled, and the container is created, data must be loaded from external libraries. This, in turn, leads to a significant increase in external traffic, which affects the speed of deployment of software systems using the resources of cloud providers' data centers. As a possible way to optimize the Build and Deploy subprocesses, was proposed to create a cache to save the downloaded data from external libraries for reuse, as well as implement control over queries to external libraries and the data caching process, which will minimize the time spent on transferring data from external libraries during automatic deployment.

**Keywords:** deployment management, software system, data center, cloud providers, Build, Deploy.

**Вступ.** Дослідження процесу управління розгортанням програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів є важливим з кількох причин. По перше, хмарні ресурси продовжують відігравати ключову роль на всіх етапах розгортання програмних систем, яке може бути реалізоване різними способами. По друге, кожен із способів реалізації має певні особливості і забезпечує різні ступені автоматизації управління розгортанням програмних систем. По третє, ефективність процесу розгортання залежить від багатьох факторів, що робить надзвичайно важливим дослідження найкращих практик і технологій використання хмарних ресурсів у процесі розгортання. По четверте, масштабованість і гнучкість, які пропонують дата центри хмарних провайдерів, відкривають додаткові можливості для оптимізації процесу розгортання.

Дослідження в цій галузі сприятиме

удосконаленню автоматизованих процесів управління розгортанням, що призведе до підвищення ефективності, скорочення часу розгортання та покращення використання ресурсів дата центрів хмарних провайдерів.

Тому, дослідження процесу управління розгортанням програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів є актуальною науковою задачею.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз останніх публікацій [1-5], які присвячені дослідженню процесу управління розгортанням програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів, показав, що в них здебільшого розглядаються загальні принципи управління розгортанням програмної системи в хмарному середовищі та описується значення

автоматизації цього процесу, без проведення детального порівняльного аналізу способів реалізації, які забезпечують різні ступені автоматизації розгортання програмних систем.

В публікаціях [6-10] робиться акцент на розкритті деталей практичної реалізації процесу управління розгортанням програмних систем із використанням конкретних технологій, без детального аналізу переваг та недоліків реалізованих процесів, що не дає розуміння можливих шляхів їх удосконалення.

**Метою статті** є дослідження процесу управління розгортанням програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів та визначення можливих шляхів його оптимізації.

**Виклад основного матеріалу.** Процес розгортання програмної системи є ключовим етапом в життєвому циклі розробки програмного забезпечення. Загальний вигляд цього процесу часто представляють у вигляді схеми, наведеної на рис. 1, яка ілюструє послідовність основних етапів розгортання [11].



Рис. 1. Загальний вигляд розгортання програмної системи

Розглянемо більш детально кожний із зображених етапів.

Етап Source представлено як зовнішній процес, який відповідає за структурування та обробку вихідного коду. У сучасних проектах це реалізується за допомогою розподіленої системи управління версіями Git, або подібних систем [12]. В подальшому вихідний код обробляється в межах окремих етапів процесу розгортання програмної системи, сутність яких буде наведена нижче.

Етап Build містить кілька ключових елементів, кожен з яких відіграє важливу роль в успішному розгортанні програмної системи. Розглянемо ці елементи більш детально:

1. Попередня обробка. На цьому етапі відбувається завантаження необхідних бібліотек, потрібних для компіляції та збірки. Етап попередньої обробки гарантує, що всі необхідні бібліотеки та залежності будуть доступні для наступного етапу процесу збірки.

2. Компіляція. Передбачає перетворення вихідного коду в об'єктний або проміжний код за допомогою компілятора. Вихідний код програми перекладається у представлення нижчого рівня, яке може бути виконане процесором комп'ютера. За потреби додаються статичні файли та посилання на сторонні бібліотеки [2].

Розглядаючи етап Test слід зазначити, що кількість складових елементів цього етапу, при розгортанні програмної системи, може відрізнятися залежно від розміру та складності проекту. Так, він може бути реалізований виключно за допомогою

модульного тестування або мати більш комплексну реалізацію, коли додаток розгортається в тестовому середовищі, подібному до виробничого. В цьому випадку може проводитись широкий спектр тестів, таких як: інтеграційне тестування, функціональне тестування, тестування продуктивності, тестування безпеки, тестування прийнятності для користувача (UAT) та інші види тестувань [3]. Набір тестів може бути розширений або скорочений залежно від розміру та складності проекту.

Етап Deploy передбачає перенесення розробленого програмного забезпечення із середовища розробки в виробниче середовище системи для його подальшого активного використання. Розглянемо більш детально ключові елементи цього етапу:

1. Створення пакета. Цей етап передбачає створення виробничого середовища для розгортання програмного забезпечення та забезпечення його доступності або створення цільового середовища, що включає сервери, бази даних і сервіси або, за потреби, створення контейнера [13].

2. Розгортання в тестовому середовищі. На цьому етапі відбувається копіювання файлів, інтеграція з даними та налаштування параметрів для тестування. Це дозволяє визначити працездатність програми в контрольованому середовищі.

3. Розгортання у виробничому середовищі. Аналогічно розгортанню в тестовому середовищі, цей етап забезпечує перенесення програмного забезпечення у виробничий режим роботи. Це включає копіювання файлів, інтеграцію з даними та проведення необхідних налаштувань для ефективної роботи виробничого середовища.

4. Масштабування програмної системи в дата центрах хмарних провайдерів включає в себе збільшення або зменшення кількості ресурсів в залежності від навантаження на програмну систему. Масштабування дозволяє ефективно використовувати ресурси хмарних дата-центрів та забезпечує стабільність роботи системи, навіть при зміні обсягу роботи [14].

В залежності від ступеня автоматизації, який визначає роль людського фактору та використання автоматизованих інструментів, управління розгортанням програмної системи може бути: неавтоматизованим, автоматичним та автоматизованим.

Процес неавтоматизованого управління розгортанням (Manual Deployment Management) передбачає, що створення середовища для розгортання, завантаження зі сховища та компіляція коду, створення контейнера для завантаження реалізується вручну. Розгортання в тестовому та виробничому середовищі також відбувається вручну. Кількість тестів ручного тестування зазвичай вибирається невеликою у порівнянні з автоматичним тестуванням [15].

На рис. 2 представлена модель процесу неавтоматизованого управління розгортанням програмної системи з використанням нотації BPMN.

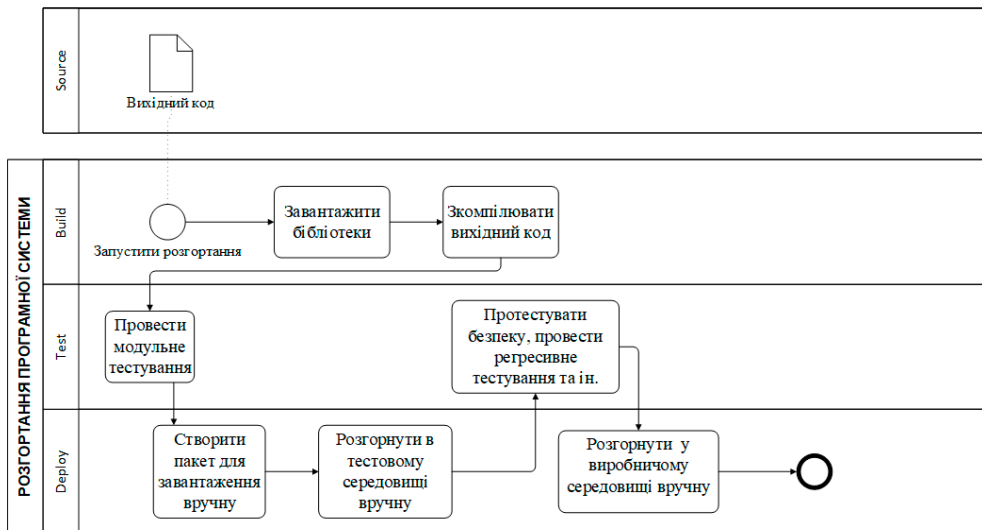


Рис. 2. Модель неавтоматизованого управління розгортанням програмної системи

Проведений аналіз послідовності виконання та реалізації окремих етапів неавтоматизованого розгортання програмної системи дозволив виділити переваги та недоліки такого способу управління розгортанням, які наведені нижче.

Переваги неавтоматизованого управління розгортанням програмної системи:

- неавтоматизоване управління розгортанням програмної системи легше впроваджувати для невеликих проєктів або тестових середовищ;
- оператор або адміністратор системи може вручну контролювати кожний етап розгортання.

Недоліки неавтоматизованого управління розгортання програмної системи:

- зазвичай розгортання програмної системи вимагає більше часу, особливо для великих і складних проєктів;
- неавтоматизоване управління розгортанням

- може призвести до непередбачуваних помилок через людський фактор;

- складно досягти єдності конфігурації на різних серверах та в різних середовищах, уникаючи ситуацій, коли одна частина системи працює відмінно, а інша - ні.

На противагу неавтоматизованому управлінню розгортанням, процес автоматичного управління розгортанням програмної системи (Automated Deployment Management) передбачає, що всі дії щодо його реалізації відбуваються автоматично. В цьому випадку тригером автоматичного процесу є надсилання коду в репозиторій, який і запускає весь ланцюг подальших подій управління розгортанням. Кінцевим результатом такого процесу буде працююча програмна система [3].

На рис. 3 зображена модель процесу автоматичного управління розгортанням програмної системи з використанням нотації BPMN.

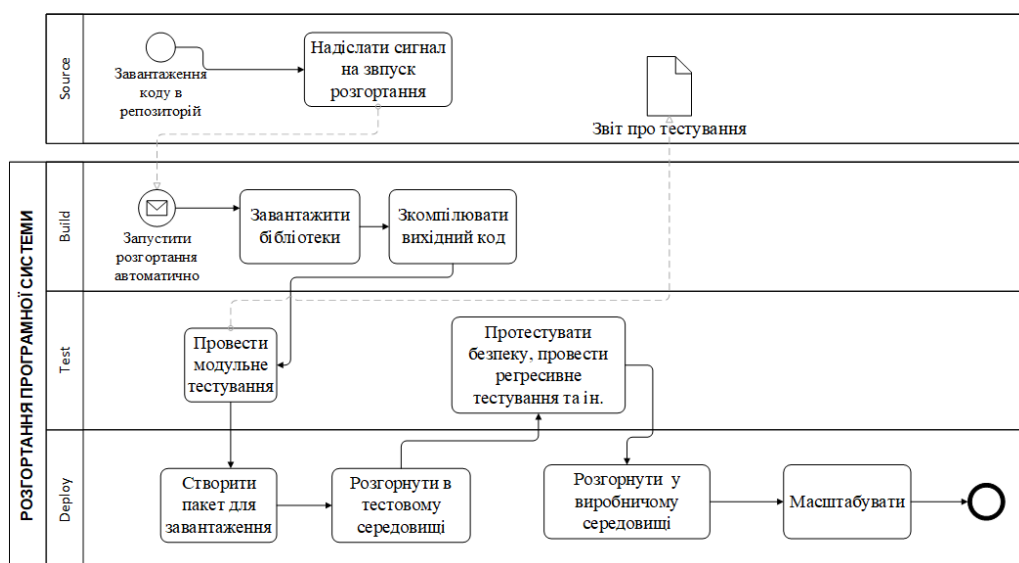


Рис. 3. Модель автоматичного управління розгортанням програмної системи

Аналіз окремих етапів автоматичного управління розгортанням програмної системи, дозволив виділити переваги та недоліки такого процесу.

До переваг процесу автоматичного управління розгортанням програмної системи можна віднести:

- швидке впровадження завдяки автоматизації всіх етапів розгортання;
- зменшення ризику помилок завдяки повторюваним автоматичним процесам;
- зручне використання для масштабування та автоматичного керування великими інфраструктурами;
- легке забезпечення єдності конфігурації в усіх середовищах.

В якості недоліків автоматичного управління розгортанням програмної системи можна зазначити:

- необхідність часу та експертизи для
- встановлення і налаштування автоматичних інструментів;

- вищі витрати на впровадження та підтримку автоматичного середовища у порівнянні з неавтоматизованим розгортанням.

Автоматизоване управління розгортанням (Partially Automated Deployment Management) передбачає автоматизацію основних етапів управління та ручне виконання деяких робіт із розгортання програмної системи. Наприклад, в неавтоматизованому режимі запускаються за потреби тести, які є занадто коштовними або тести, які надто складно автоматизувати (тести, що перевіряють зручність користувацького інтерфейсу програми). Також існують проекти, де збірки програмної системи в тестовому середовищі розгортаються автоматично, а запуск створення релізу виконується в ручному режимі [8].

Модель автоматизованого управління розгортанням програмної системи наведена на рис. 4.

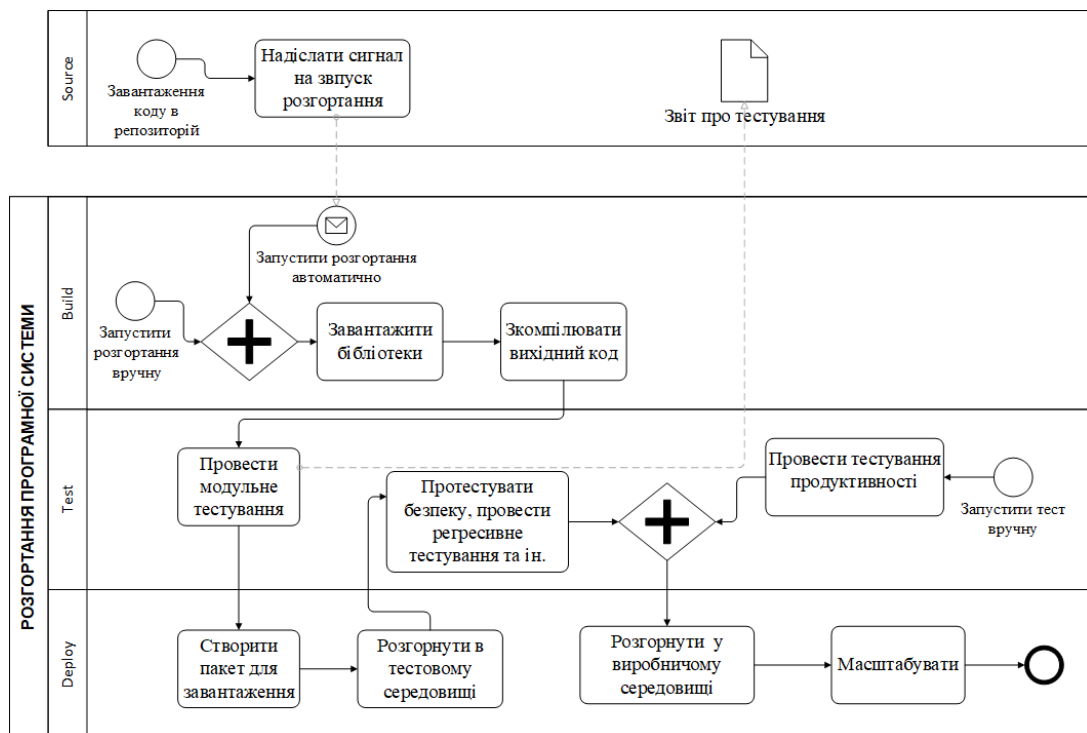


Рис. 4. Модель автоматизованого управління розгортанням програмної системи

В результаті аналізу послідовності виконання та реалізації окремих етапів автоматизованого управління розгортанням програмної системи були виділені наступні переваги та недоліки такого способу управління розгортанням.

Переваги автоматизованого управління розгортанням програмної системи:

- забезпечується поєднання автоматичних та ручних етапів розгортання програмної системи для досягнення кращого результату;
- можливе ручне втручання в процес управління розгортанням на етапах, які вимагають специфічної реакції.

Недоліки автоматизованого управління розгортанням програмної системи:

- вимагається підвищена увага для забезпечення відповідності стандартам та процедурам процесу управління розгортанням;

- успішність всього процесу управління розгортанням залежить від ефективності взаємодії автоматичних та неавтоматизованих етапів виконання.

Як ми бачимо, кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки, і вибір між ними залежить від конкретних потреб проекту, його розміру та вимог до швидкості розгортання і частоти випуску релізів програмної системи. Оскільки при побудові сучасних програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів існує запит на збільшення кількості автоматичних розгортань, є сенс більш детально дослідити саме цей спосіб управління

розгортанням програмної системи, з метою визначення шляхів його подальшої оптимізації.

З метою дослідження функціональної взаємодії окремих етапів процесу управління розгортанням програмної системи із використанням ресурсів дата

центрів хмарних провайдерів, була розроблена відповідна модель у вигляді контекстної та декомпозиційної діаграм в нотатції IDEF0, які представлені на рис. 5 - 6.

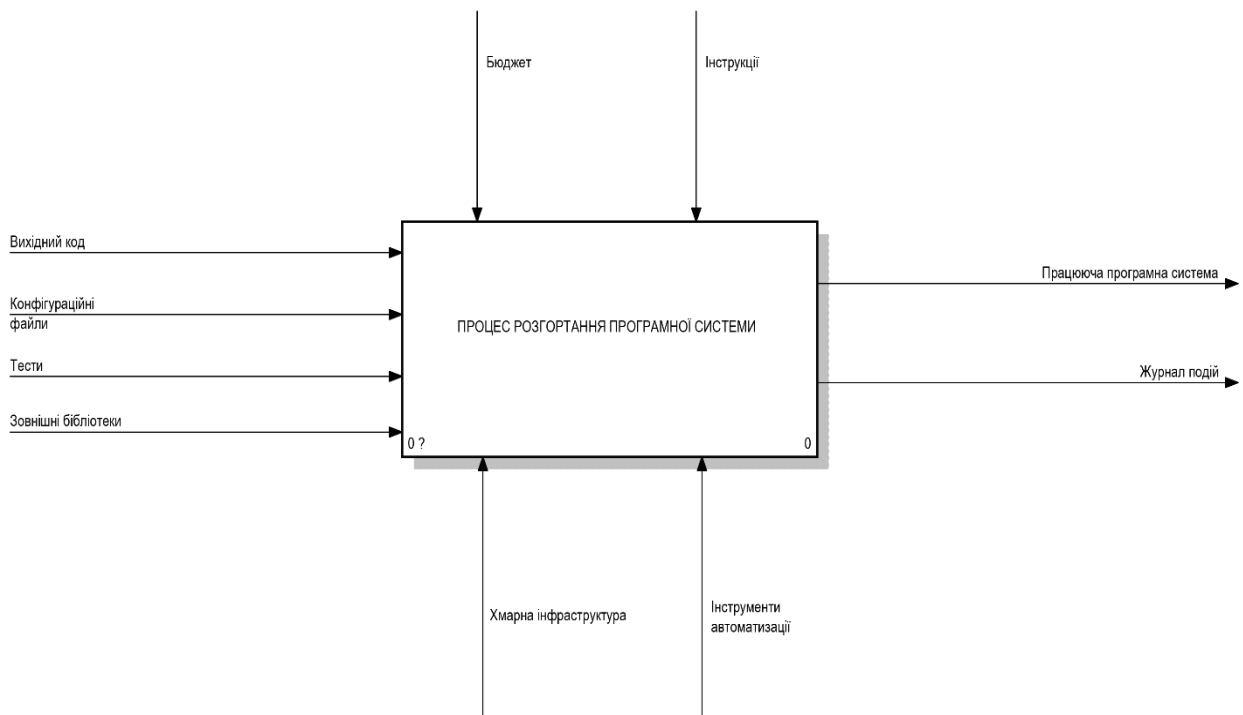


Рис. 5. Контекстна діаграма автоматичного розгортання програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів в нотатції IDEF0

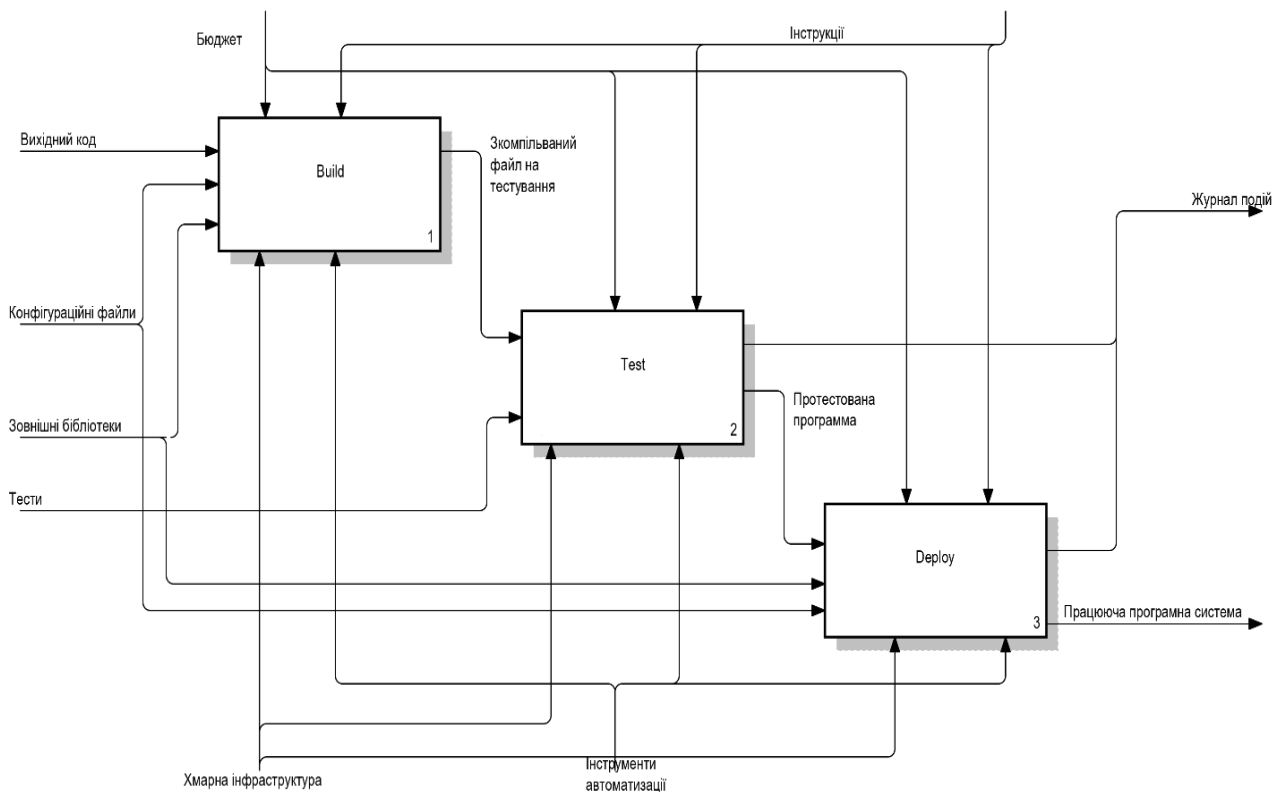


Рис. 6. Декомпозиційна діаграма автоматичного розгортання програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів в нотатції IDEF0

Проведений аналіз функціональної взаємодії етапів Build та Deploy в рамках моделювання процесу розгортання програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів на основі розробленої контекстної та декомпозиційної діаграм IDEF0, представлених на рис. 5 - 6 показав, що саме ці етапи мають найбільше функціональне навантаження та потребують більш детального дослідження, з метою пошуку шляхів їх оптимізації.

З цією метою було розроблено та проведено аналіз декомпозиційних діаграм IDEF0 та DFD, які моделюють функціональну взаємодію складових підпроцесів Build і Deploy, та потоки даних, що породжуються і передаються між ними, відповідно.

На рис. 7 - 8 представлені декомпозиційні діаграми в нотації IDEF0 та DFD підпроцесу Build.

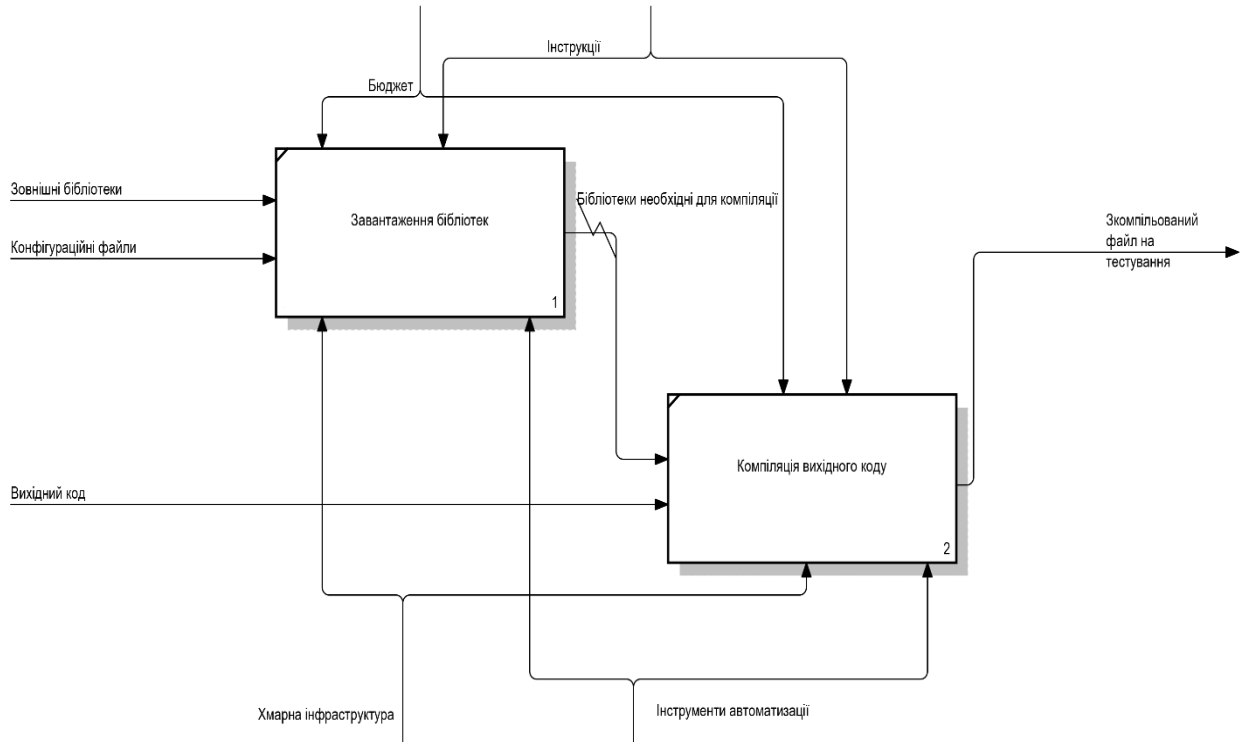


Рис. 7. Декомпозиційна діаграма підпроцесу Build в нотації IDEF0

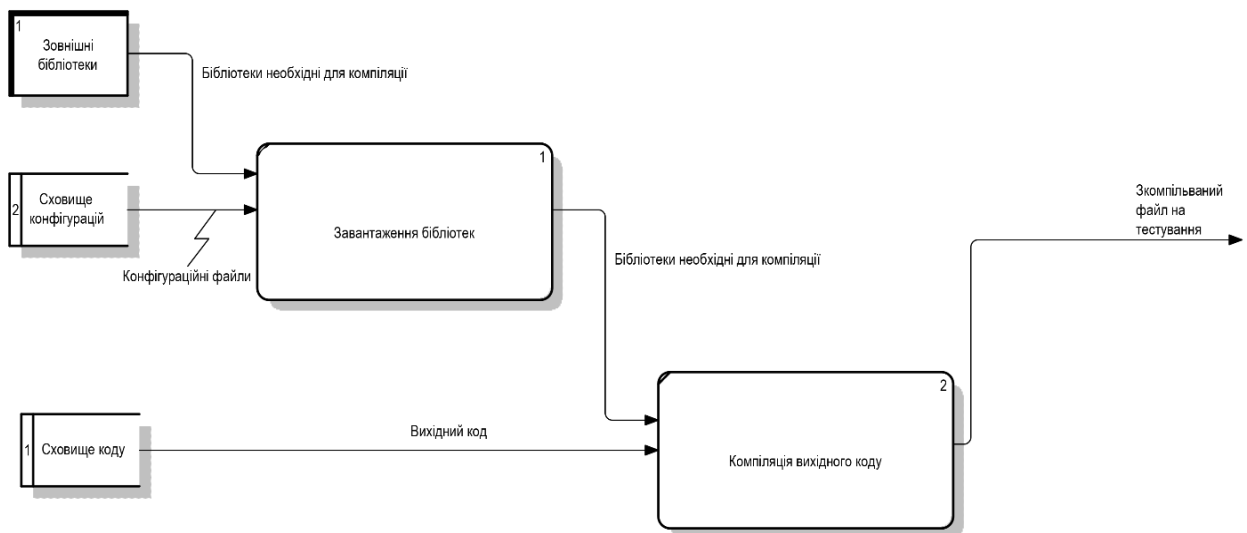


Рис. 8. Декомпозиційна діаграма підпроцесу Build в нотації DFD

Аналіз функціональної взаємодії та потоків даних, які породжуються та передаються між складовими підпроцесу Build показав, що для кожної компіляції вихідного коду відбувається завантаження

зовнішніх бібліотек, а це в свою чергу призводить до суттєвого збільшення зовнішнього трафіку.

Розглянемо декомпозиційні діаграми в нотації IDEF0 та DFD підпроцесу Deploy, які представлені на рис. 9 – 10.

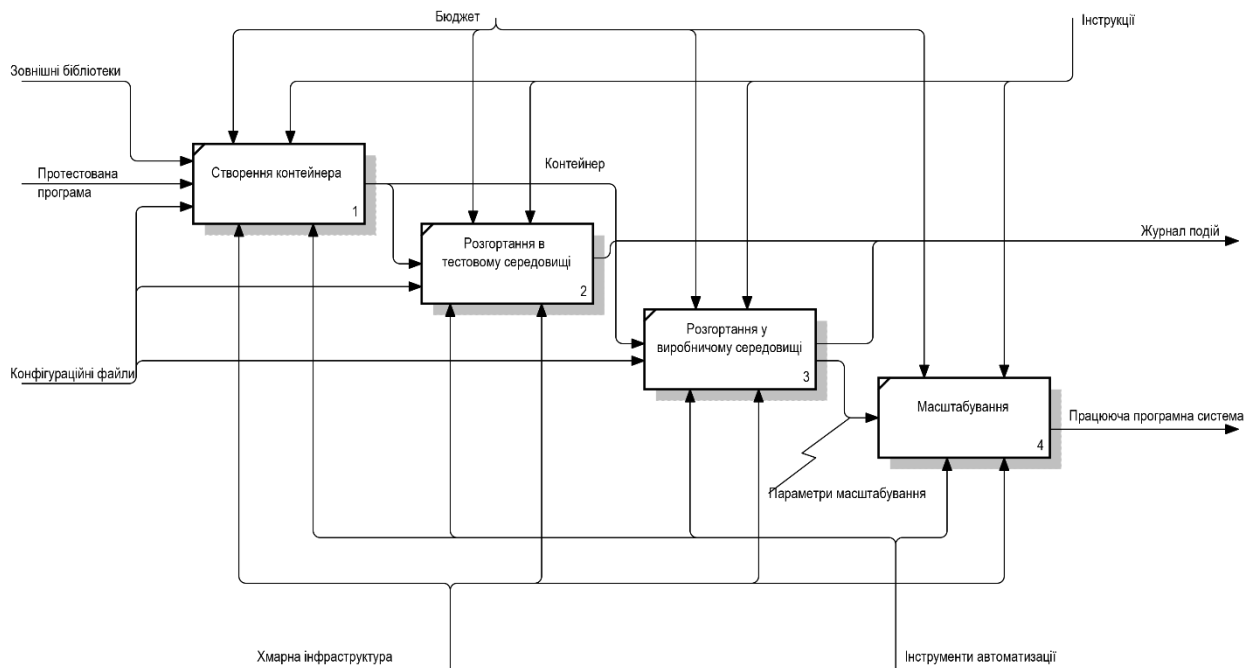


Рис. 9. Декомпозиційна діаграма підпроцесу Deploy в нотатції IDEF0

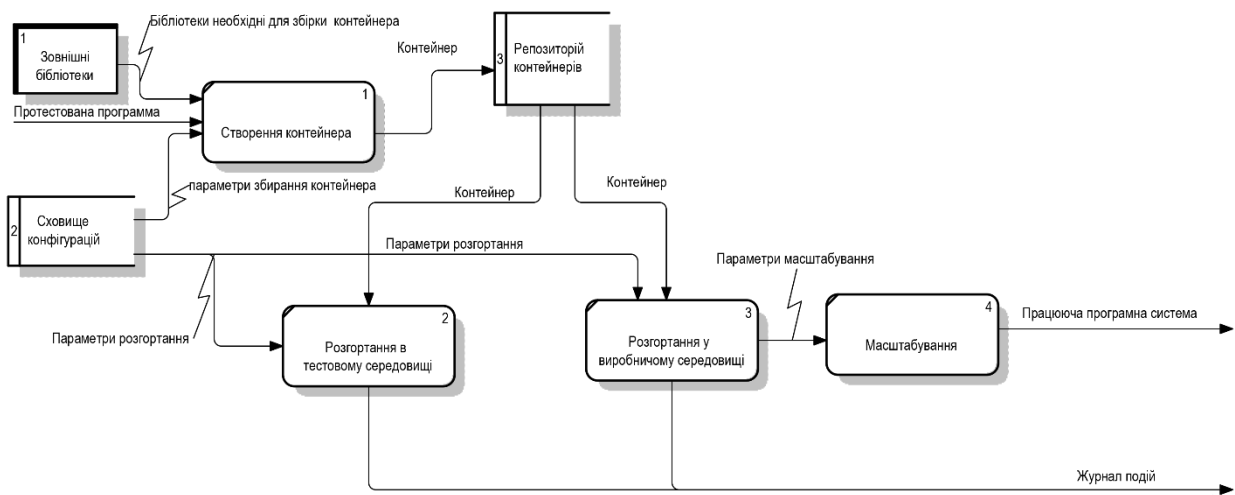


Рис. 10. Декомпозиційна діаграма підпроцесу Deploy в нотатції DFD

Проведений аналіз функціональної взаємодії та потоків даних, які породжуються та передаються між складовими підпроцесу Deploy виявив аналогічну особливість, що притаманна підпроцесу Build, а саме - завантаження даних із зовнішніх бібліотек відбувається кожного разу при створенні койнтейнера.

Таким чином, ми маємо ситуацію, коли при кожному виконанні компіляції вихідного коду та створенні койнтейнера необхідно завантажувати зовнішні бібліотеки, що фактично призводить до суттєвого збільшення зовнішнього трафіку.

Шляхом оптимізації цих підпроцесів може бути створення кешу, де завантажені дані з зовнішніх бібліотек мали б можливість зберігатись для повторного використання, а також забезпечення контролю над здійсненням запитів до зовнішніх бібліотек та процесом кешування даних.

Висновки. Таким чином, основним отриманим науковим і практичним результатом даного дослідження є розроблена модель процесу управління розгортанням програмної системи із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів, яка шляхом аналізу функціональної взаємодії та потоків даних, що породжуються та передаються між окремими складовими процесу розгортання програмної системи, дозволила виявити важливий аспект підпроцесів Build та Deploy, який полягає в тому, що при кожному виконанні компіляції вихідного коду та створенні койнтейнера потрібно завантажувати данні із зовнішніх бібліотек. Це в свою чергу фактично призводить до суттєвого збільшення розгортання програмних систем із використанням ресурсів дата центрів хмарних провайдерів.



Як можливий шлях оптимізації підпроцесів Build та Deploy запропоновано створення кешу, для збереження завантажених даних із зовнішніх бібліотек з метою їх повторного використання, а також реалізацію контролю над здійсненням запитів до зовнішніх бібліотек та процесом кешування даних, що дозволить мінімізувати витрати часу на передачу даних із зовнішніх бібліотек під час автоматичного розгортання.

Результати цього дослідження можуть слугувати основою для подальшої розробки способів оптимізації процесу управління розгортанням програмних систем в хмарних середовищах, сприяючи подальшому розвитку та впровадженню сучасних підходів у галузі інформаційних технологій.

#### Список літератури

- Chandrasekara, C. *Beginning Build and Release Management with TFS 2017 and VSTS.*, 2017, Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4842-2811-1>.
- Fowler, M. and Beck, K. *Continuous Integration: Improving Software Quality and Reducing Risk.*, Pearson Education, Boston, US. 2006.
- Humble, J. and Farley, D. *Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation.* Pearson Education, Boston, US. 2010.
- Coupaye, T. and Estublier, J. *Foundations of enterprise software deployment*, 2000, Available at: <https://doi.org/10.1109/CSMR.2000.827313>.
- National Institute for the Software Industry (NISI) *Continuous Delivery 3.0 Maturity Model (CD3M)*, 2019, Available at: <https://nisi.nl/continuousdelivery/articles/maturity-model>.
- Grandhi, M. *Optimizing Your Modernization Journey with AWS.* Packt Publishing, Birminham, UK. 2023.
- Vaughan, D. *Cloud Native Development with Google Cloud: Building Applications at Speed and Scale*, 2023, Available at: <https://www.oreilly.com/catalog/errata.csp?isbn=0636920829249>.
- Rawat, S. *CI CD Pipeline with Docker and Jenkins*, BPB Online, London, UK. 2023.
- Saini, K. *Build Process*, 2022, Available at: <https://iq.opengenus.org/build-process/>.
- Gurung G. Cloud Deployment Models: A Comparative Analysis For Optimal Performance, Scalability, And Cost Efficiency. Conference: *6th National Conference NATCOM (AICGPT-2023)*, 2023, Available at: [https://www.researchgate.net/publication/374447308\\_Cloud\\_Deployment\\_Models\\_A\\_Comparative\\_Analysis\\_For\\_Optimal\\_Performance\\_Scalability\\_And\\_Cost\\_Efficiency](https://www.researchgate.net/publication/374447308_Cloud_Deployment_Models_A_Comparative_Analysis_For_Optimal_Performance_Scalability_And_Cost_Efficiency).
- Van Merode, H. *Continuous Integration (CI) and Continuous Delivery (CD)*, Leeuwarden, NL. 2023, pp. 1-9. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9228-02023>.
- Rani, M. *What is software build- All you need to know!* 2019 Available at: <https://medium.com/webgentle/what-is-the-software-build-all-you-need-to-know-4046b0e674bb>.
- Shah, Jay & Dubaria, Dushyant. Building Modern Clouds: Using Docker, Kubernetes & Google Cloud Platform. in *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 2019, Available at: <https://doi.org/10.1109/ccwc.2019.8666479>.
- Zhai, H., Wang, J. Automatic deployment system of computer program application based on cloud computing. *Int J Syst Assur Eng Manag* 12, 2021, pp.731–740. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01068-0>.
- Mustafa, O., *AWS Deployment Strategies. In: A Complete Guide to DevOps with AWS.* Apress, Berkeley, CA. 2023 pp 183–196 Available at: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9303-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9303-4_5).

Надійшла (received) 24.01.2024

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Пашнєв Андрій Анатолійович (Pashniev Andrii)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри інформаційних систем та технологій; e-mail: [pashniev@email.ua](mailto:pashniev@email.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9150-6108>.

**Слепушков Микола Васильович (Sliepushkov Mykola)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; e-mail: [m.sliepushkov@gmail.com](mailto:m.sliepushkov@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0004-2820>.

**Гурт Денис Олександрович (Hurt Denys)** – фізична особа підприємець; e-mail: [denys.hurt@gmail.com](mailto:denys.hurt@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3880-9081>.

**Лютенко Ірина Вікторівна (Liutenko Iryna)** – кандидат технічних наук (PhD), доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління; м. Харків, Україна, e-mail: [cherliv68@gmail.com](mailto:cherliv68@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4357-1826>.

**К. Л. СЕМЕНЧУК**

## МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ У ПРОЄКТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Дана робота присвячена дослідженню стратегій ланцюгів постачань у проєктній діяльності. Розглянуті стратегії для ланцюгів постачань, завдяки яким краще обслуговування клієнтів приведе до збільшення постачань та зниження витрат, що принесе вигоди усім стейхолдерам ланцюга постачань. Наведено наочний приклад довгострокового проєкту в ланцюзі постачань – це проєкт придбання судна. Конкретизовано життєвий цикл судна з позицій різних учасників проєкту поновлення (поповнення) флоту. Проаналізована кожна фаза життєвого циклу судноплавної компанії, досліджені ризики для кожної фази життєвого циклу, серед яких – стратегічний, економічний, комерційний, кредитний, інформаційний, екологічний. Виділені фази життєвого циклу проєкту управління ланцюга постачань, оскільки взаємозв'язки та зобов'язання між різними стейхолдерами потребують побудови гнучкого ланцюга постачань. Такий ланцюг постачань передбачає вирішення серії завдань для задоволення вимог зацікавлених сторін і клієнтів; до того, як проєкт досягне фази завершення. Визначено альтернативні стратегії для ланцюга постачань. Враховуючі основні цілі управління ланцюгом постачань, можна виділити гібридну стратегію, яка використовує як ошадливі, так і гнучкі ланцюги постачань. При реалізації такої стратегії можна зменшити загальний час виконання замовлення; забезпечити надійність, правильну частоту доставки, якість та гнучкість поставки; оптимізувати рівень запасів у всьому ланцюгу постачань та мінімізувати загальні витрати. Підготовка та реалізація окремих проєктів із урахуванням стадії життєвого циклу здійснюється на основі вибору обґрунтованих стратегій розвитку ланцюгів постачань. Така необхідність реалізується за допомогою формалізованих методів для вибору проєктів, що найбільше відповідають стратегії розвитку підприємства та стадії його життєвого циклу. Залежно від того, які цілі має керівництво, різними будуть стратегії подальшого розвитку, що реалізуються через окремі проєкти. Виходячи з того, яку стратегію розвитку ставить собі компанія, таким буде основний перелік проєктів, що мають найбільшу цінність для компанії.

**Ключові слова:** стратегія, життєвий цикл, ризики, проєкт, ланцюг постачань, учасники.

**К. SEMENCHUK**

## PROJECT ACTIVITIES MODELING OF SUPPLY CHAIN STRATEGIES

The work is devoted to the consideration of the information system components, which can be used for effective organization and This study is devoted to the research of supply chain strategies in project activities. Considered strategies for supply chains, through which better customer service will lead to increased supplies and reduced costs, will bring benefits to all supply chain stakeholders. An illustrative example of a long-term project in the supply chain is provided - the project of the ship acquisition. The ship's life cycle is specified from the standpoint of various participants involved in fleet renewal (replenishment) project. Analyzing each phase of the shipping company's life cycle, risks are examined for each phase of the life cycle, including strategic, economic, commercial, credit, informational, ecological. Alternative supply chain strategies are identified. Taking into account the main objectives of supply chain management, a hybrid strategy can be identified that uses both lean and flexible supply chains. When implementing such a strategy, it is possible to reduce the total order fulfillment time; ensure reliability, correct frequency of delivery, quality and flexibility of delivery; optimize inventory levels throughout the supply chain and minimize total costs. Phases of the life cycle of a supply chain management project are highlighted, as the relationships and obligations between various stakeholders require the construction of a flexible supply chain. Such a supply chain involves solving a series of tasks to meet the requirements of stakeholders and customers; before the project reaches the completion phase. The preparation and implementation of individual projects, taking into account the life cycle stage, are carried out based on the selection of supply chain development strategies. This need is realized with the help of formalized methods for selecting projects that most correspond to the company's development strategy and the stage of its life cycle. Depending on the goals of the management, the strategies for further development implemented through individual projects will be different. Based on what development strategy the company sets for itself, this will be the main list of projects that have the greatest value for the company. This research holds both theoretical and practical significance. Theoretically, it contributes to the development of the theory of supply chain management, project management, and strategic management, particularly in the domain of project planning and execution. Practically, it serves as a decision-making tool in the development and implementation of strategies through projects within the supply chain.

**Keywords:** strategy, life cycle, risks, project, supply chain, participants.

**Вступ.** Використання знань з управління проєктами, логістики та управління ланцюгами постачань надає підприємствам змогу системно організувати процес управління інвестиційними, матеріальними, сервісними, фінансовими, інформаційними потоками для досягнення конкурентних переваг у динамічному середовищі.

У ході реалізації проєкту розвитку підприємства логістика та управління ланцюгами постачань охоплює майже весь спектр ресурсно-функціонального забезпечення від процесів ініціації до закриття. Такі процеси реалізуються в послідовності фаз, етапів і робіт життєвого циклу, а їх результативне виконання базується на правилах логістики, за допомогою ланцюгів постачань та злагодженої взаємодії учасників.

Із кінця ХХ століття та на початку ХХІ століття, зростання глобальної торгівлі та міжнародної

економічної інтеграції привело до створення складних глобальних ланцюгів постачань [1]. Компанії почали шукати ефективні шляхи транспортування та виробництва на різних континентах та адаптуватися в епоху глобальної конкуренції.

Зростаючий інтерес країн на початку ХХІ сторіччя до ланцюгів постачань (ЛП), пов'язаний з посиленням глобалізації та інтеграції, диджиталізацією та конкурентоспроможністю логістичних послуг тощо. Будь-то адаптація вже відомих чи інтеграція нових рішень, нове обладнання або складна інфраструктура та інші виклики, з якими стикаються менеджери сьогодні, супроводжуються інструментами та новими технологіями, які стосуються Інтернет-послуг та бізнес-аналітики. «Постійність» для менеджерів ЛП означає, що вони зустрічаються з докорінними змінами щодня. У такому турбулентному середовищі (пандемія, світова

криза, воєнні дії на території України, розвиток інформаційних технологій, використання штучного інтелекту тощо) немає постійності, що потребує критичного погляду на принципи та фундаментальні інструменти управління ЛП.

Зі швидким розвитком інформаційних технологій управління ланцюгами постачань досягло переломного моменту в епоху Четвертої промислової революції (Industry 4.0), що відзначається інтеграцією цифрових технологій та інтернету речей (IoT), використанням технології блокчейн, розвитком “зелених” ініціатив у різні галузі промисловості, що значно впливає на розвиток ланцюгів постачань [2]. Ось кілька напрямків, які визначають розвиток ланцюгів постачань під час четвертої промислової революції: цифрова трансформація, використання штучного інтелекту, аналітика даних, блокчейн впливають на оптимізацію ланцюга постачань. Використання сенсорів та зв'язку між об'єктами для збору в реальному часу та великої кількості даних дозволяє виробникам та постачальникам здійснювати ефективний моніторинг і управління запасами, виробництвом та транспортуванням.

Вагомий внесок у розвиток та вдосконалення формування сучасної концепції та практичне впровадження ефективних ЛП здійснили такі організації як Асоціація з управління ланцюгами постачання (Association for Supply Chain Management, ASCM), Інститут управління проектами (Project Management Institute, PMI), Рада фахівців із управління ланцюгами постачання (Council) of Supply Chain Management Professionals, CSCMP) та Асоціація управління операціями (Operations Management Association, APICS) [3,4]. У результаті спільних зусиль вчених та практиків можливості ланцюгів постачань бізнес-структур розширилися від інтеграції прогнозування, планування та виконання операцій до безперервного управління від початку до кінця ЛП.

Управління проектами (УП) в ланцюгах постачань розширює можливості професіоналів у сфері ЛП, разом із прогнозуванням, навички роботи з клієнтами, планування, контроль і управління ризиками [5]. Але необхідне системне уявлення процесів планування та виконання в ланцюгах постачань.

Розвиток методологій управління ланцюгами постачань (УЛП) і УП належить до таких, що потребує спільного розглядання та використання [6]. Теоретичні основи та практичні навички цих галузей знань дають можливість отримання синергетичного ефекту в процесах планування та виконання проектною діяльністю. Сучасне дослідження [7] присвячено визначенню ефективних, конкурентних стратегій при експлуатації флоту транспортних підприємств. У статті [8] обґрунтовано застосування проактивного підходу в галузі управління проектами на підприємствах логістики, застосування якого допоможе передбачити ризики, попередити виникнення проблем та упередження кризових ситуацій. Автор роботи [9] пропонує концептуальну основу інтеграції УЛП до управління проектами. У

цьому дослідженні класифікують критичні елементи на чотири основні сфери: ІТ-інтеграція, організаційна координація, управління ризиками, стійкість і складність ланцюга поставок. У [10] надані приклади великих проєктів щодо оптимізації мережі постачання, перепланування процесів планування або коригування бізнес-стратегії на основі концепцій УЛП. Автор [11] розглядає стратегії управління ланцюгами постачань на підприємствах, виявив їх переваги та недоліки. Але не розглядає життєвий цикл, стратегію ланцюгів постачань та проєктів для успішного впровадження управління ланцюгами постачань у проєктному середовищі та взаємозв'язки між ними. У будь-якому випадку метою проєктів управління ланцюгами постачань є підвищення конкурентоспроможності усього ланцюга постачань.

Таким чином, згідно з результатами аналізу сучасних досліджень, присвячених питанням стратегій в управлінні ланцюгами постачань, можна зробити висновок, що роботи більш орієнтовані на збут та ресурсне забезпечення проєкту без урахування життєвого циклу підприємства та моделювання для відбору проєктів розвитку в ланцюгах постачань. Вищезгадане обґрунтовує перспективність розглядання тріади «життєвий цикл-стратегія-проєкт» при функціонуванні ЛП у проєктній діяльності.

Метою дослідження є підвищення ефективності управління проєктами в ланцюгах постачань із урахуванням стратегії та життєвого циклу, на якому знаходиться підприємство.

Для досягнення даної мети поставлені такі задачі:

1. Конкретизувати життєвий цикл довгострокового проєкту з позиції різних учасників.
2. Дослідити ризики згідно фаз життєвого циклу проєкту на прикладі судноплавної компанії.
3. Обґрунтувати стратегії розвитку ланцюга поставок, і на їх основі – підготувати та реалізувати окремі проєкти з урахуванням стадії ЖЦ, на якій знаходиться підприємство.

**Основний матеріал.** Наочним прикладом довгострокового проєкту в ЛП є проєкт придбання судна. Життєвий цикл якого можна розглянути як черговість шести фаз. Першою фазою є підготовка пропозицій щодо формування вимог до об'єкту та ініціація проєкту.

Проєктування – обов'язковий елемент процесу оновлення техніки та флоту, зокрема. На цій стадії ЖЦ необхідно ретельно вивчати, зіставляти та оцінювати умови придбання суден на вітчизняному та світовому ринках, насамперед у зв'язку з підвищенням вимог щодо безпеки мореплавання, охорони людського життя та навколишнього середовища, а також враховувати кон'юнктуру фрахтового ринку. Проєктування суден виконують спеціалізовані проєктні організації, які мають відповідні ліцензії. Фінансування таких робіт здійснюється, як правило, за рахунок коштів судноплавної компанії (замовника).

У ході підготовки пропозиції щодо укладання контракту на будівництво підрядник конкретизує стратегічні рішення із замовником. Визначаються

учасники проекту, уточнюються терміни здійснення проекту, укладається календарний план.

Проект, що реалізується, проходить усі фази ЖЦ, на кожній з яких працює широке коло учасників, і загальний рівень ефективності проекту формується під впливом використовуваних методів управління.

На рис. 1 конкретизовано ЖЦ судна з позицій різних учасників проекту поновлення (поповнення) флоту. На рис. 2 пунктирними стрілками показано безперервність процесу реалізації проекту, оскільки розробка плану починається ще на передінвестиційній стадії. Слід зазначити, що для інвестора ЖЦ проекту може бути завершено у різні моменти часу, залежно від умов погашення кредитної заборгованості; подібна ситуація відображена кількома стрілками. Такі ситуації можуть бути зумовлені різними схемами погашення кредиту (рівномірна, нерівномірна схеми з наданням пільгового періоду, а також з можливою достроковою сплатою кредитної заборгованості).

Стратегічний характер співробітництва між учасниками ЛП спрямовано на якісне обслуговування клієнтів. Кожен учасник ЛП, незалежно від його розміру та виробничого профілю, може виконувати свою функцію завдяки тому, що є клієнти, які готові купувати його товари чи послуги. Отже, ЛП має бути структурована таким чином, щоб з'єднувати ланки, які мають прямий чи опосередкований вплив на кінцевого споживача, створюючи цінність для покупця як щодо продукту, і всієї логістичної послуги. Система логістики, створена всіма ланками ЛП, має бути розроблена в такий спосіб, щоб враховувати результати аналізу ринку, проведеного з урахуванням потреб різних груп клієнтів.

Кожен період життєвого циклу проекту розвитку, наприклад, судноплавної компанії характеризується певними ризиками, класифікація яких є складне завдання через багатогранність їх сутності та взаємопов'язаності між собою. На рис.2 представлено класифікацію основних груп ризиків відповідно до періодів ЖЦ проекту розвитку судноплавної компанії. Розглянемо кожну групу ризиків окремо.

Стратегічні ризики виникають через зміну цілей компанії або неправильний вибір стратегії. На думку аналітиків, близько 60% організацій не пов'язують проекти розвитку зі стратегіями, і, як наслідок, менше 10% корпоративних стратегій виконуються ефективно, а 40% інвестицій не мають нічого спільного зі стратегією [12]. Слід також наголосити на тому факті, що навіть ретельно спланована стратегія не гарантує її успішну реалізацію через окремих проект чи програму.

Економічні ризики породжуються нестабільністю економічної ситуації та фінансових ринків, станом фінансових засобів судноплавної компанії та перспективами розвитку, що впливають на можливі коливання майбутніх доходів компанії загалом протягом усього ЖЦ судноплавної компанії.

Комерційні ризики виникають на інвестиційному та післяінвестиційному періоді ЖЦ проекту та

пов'язані з фінансовою неспроможністю та діловою репутацією учасників проекту (можливість неплатежів, банкрутств учасників, зривів договірних відносин). А також до подібних ризиків належать виробничо-технологічні збої та відмови при експлуатації судна (аварії), підвищення вимог (наприклад, ІМО) до суден, вік яких перевищує встановлений стандарт (12-15 років).

Кредитні ризики пов'язані з небезпекою непогашення основного боргу та невнесенням платежів за користування кредитом, а також із невдалим вибором фінансових інструментів для інвестування та зміною плаваючої (змінної) процентної ставки. Така ставка характеризується рівнем, що регулярно переглядається, за згодою сторін у розрізі окремих інтервалів загального періоду нарахування. Необхідність перегляду обумовлюється зміною темпу інфляції та іншими умовами.

Важливе місце посідають інформаційні ризики, оскільки вони пов'язані з неточністю та (або) відсутністю інформації протягом усього ЖЦ проекту розвитку.

Екологічні ризики є наслідком забруднення довкілля, а також екологічних катастроф та лих.

Основна мета діяльності будь-якого підприємства, зокрема і судноплавної, – це ефективне рішення виробничих завдань та завдань розвитку за умов обмежених ресурсів. Для досягнення мети слідує:

- оптимально формувати набір проектів розвитку компанії на основі використання системи критеріїв, що враховують специфіку прикладної сфери та різні періоди життєвого циклу компанії;
- виробляти збалансовані та обґрунтовані управлінські рішення у різні періоди життєвого циклу проектів;
- підвищувати якість планування, виконання та контролю окремих проектів та проектної діяльності компанії в цілому.

У зв'язку з цим необхідно сформувати систему критеріїв для обґрунтованого вибору проектів розвитку, що враховує стратегічні цілі судноплавної компанії, інвестиційну привабливість та ризики проектів.

Успішна реалізація проектів у ланцюгу постачань – це непросте завдання, оскільки взаємозв'язки та зобов'язання між різними стейкхолдерами потребують побудову гнучкого ланцюга постачань. Він передбачає вирішення серії завдань для задоволення вимог зацікавлених сторін і клієнтів; до того, як проект досягне фази завершення. У цьому процесі необхідні знання про життєвий цикл управління проектом. Не менш важливим моментом у проектах розвитку чи вдосконалення ланцюга поставок є процес упровадження стратегії (рис. 3).

Фаза 1 розробляє стратегію, яка містить документацію та поточну оцінку, визначення призначення, прогалин та основних причин.



Рис. 1. Життєвий цикл судна з позицій різних учасників проекту поновлення флоту судноплавної компанії

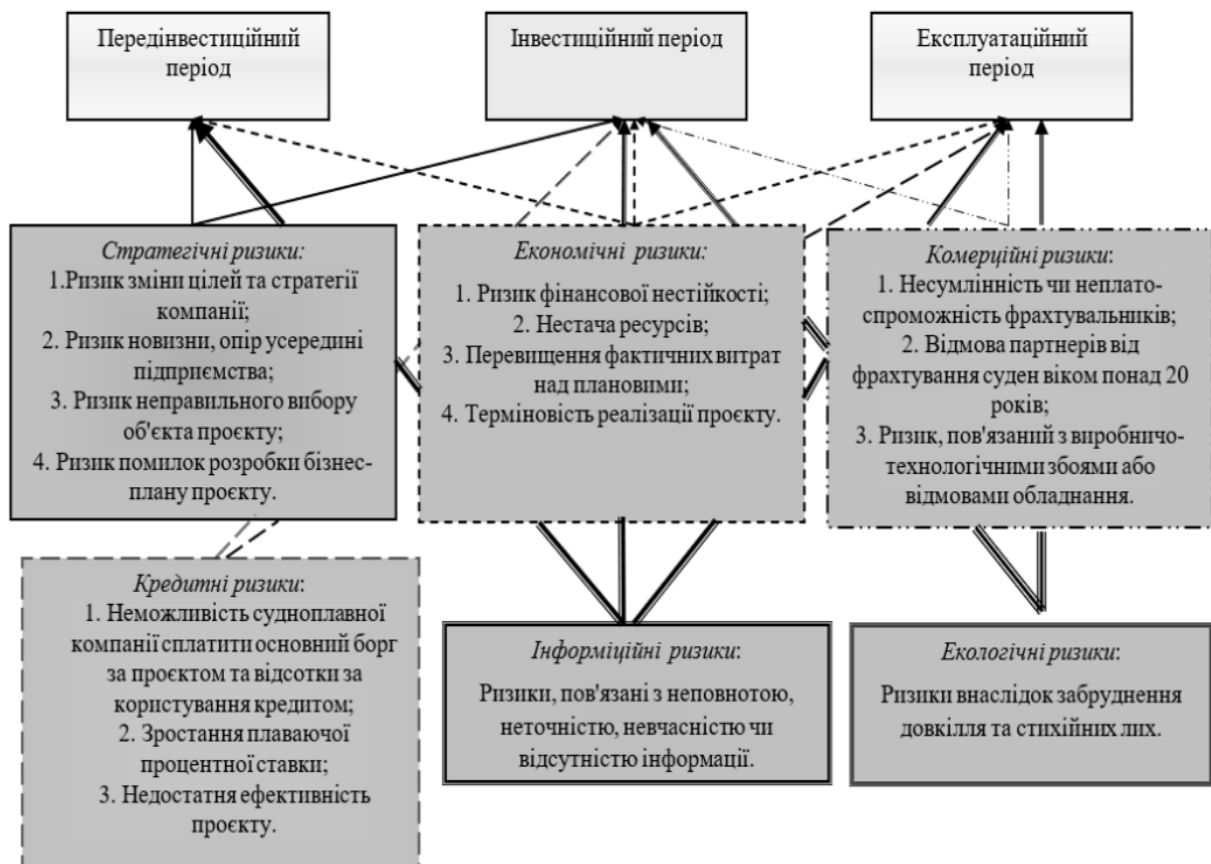


Рис. 2. Класифікація ризиків відповідно до ЖЦ проекту розвитку судноплавної компанії

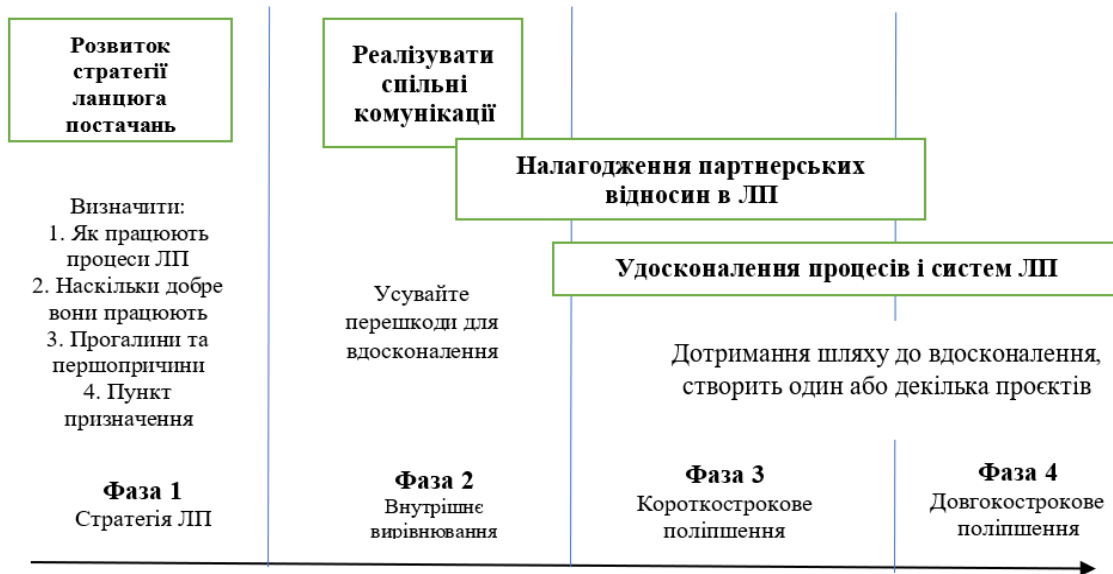


Рис. 3. Фази життєвого циклу проєкту УЛП

Фаза 2 для реалізації стратегії спрямована на усунення перешкод для вдосконалення. Ці бар'єри полягають у відсутності зосередженості, плутанини щодо технологій і витрат, мотиваторів, обмежень і повільності через жорсткість.

Фаза 3 і 4 – це вдосконалення процесів і систем або підпроєкти, які є коротко- та довгостроковими. Короткострокові або довгострокові рамки залежать від компанії та темпу можливих змін. Короткостроковий проєкт фази 3, ймовірно, займе від одного до двох років; довгостроковий – знаходиться за цим горизонтом. Приклади довгострокових проєктів містять нові об'єкти та системи [13].

ЛП повинні мати власні стратегії [6]. Якщо метою докладання всіх зусиль є кінцевий отримувач, то стратегічні рішення ЛП містять:

1. Вивчення попиту на товар, особливості товару.
2. Договірні відносини між учасниками ЛП.
3. Вибір постачальників, каналів розподілу, місця розташування складських площ, транспортного обслуговування тощо.
4. Концепцію управління запасами.
5. Визначення ключових компетенцій ЛП загалом та основних її елементів.
6. Проєктування ланцюгів постачань та планування потоків за ланцюгами.
7. Конфігурування ЛП, приймаючи рішення – «робити чи купити».

Спрямованість ЛП на клієнта найчіткіше підкреслюється концепцією швидкого реагування (Quick Response concept, QR). Вона полягає у визначенні попиту та швидкому реагуванню на його зміни, у тіснішій співпраці між учасниками ЛП, щоб забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів за мінімальних витрат. Це можливо, якщо клієнти швидко нададуть своїм постачальникам необхідну інформацію на вимогу, а постачальники зобов'язані забезпечувати швидкі поставки, пропонуючи високий рівень обслуговування, правильно керуючи запасами,

застосовуючи сучасні логістичні технології, зокрема (Electronic Data Interchange, EDI). Це, очевидно, вимагає партнерських відносин у ЛП, більш коротких часових рамок, обміну інформацією (зокрема, інформацією про запаси), зобов'язань за якістю (Total Quality Management, TQM), швидкого транспортування та реорганізації виробничих операцій, а також скорочення часу, необхідного для перемикавання виробництва. Завдяки кращому обслуговуванню клієнтів ці операції приводять до збільшення постачання та зниження витрат, приносячи вигоди всім учасникам ЛП.

Гнучкість поставок чи, у ширшому сенсі, гнучкість постачальників стає дедалі актуальною. Це стосується стратегічної діяльності ланцюгів постачань. Таким чином, проблема полягає в гнучкості окремих учасників ланцюга постачань, а саме, постачальників та споживачів. Гнучкість усього ланцюга поставок – це здатність адаптуватися до змін у ринкових структурах та змін стратегії [14].

Стратегії, засновані на концепціях ощадливого керування (Lean Management) та гнучкого керування (Agile Management), можуть бути корисними для реалізації вимог гнучкості. Ці поняття можуть застосовуватися як для компанії, так і для всієї ЛП. Ощадливе управління спрямоване, насамперед, на зниження витрат. Таке управління створює цінність для клієнта, усуваючи всі втрати, такі як запаси незавершеного виробництва, виробничі втрати, припускаючи швидку доставку і відсутність дефіциту в запасах.

З іншого боку, гнучке управління спрямоване, передусім, на швидке реагування на зміни попиту як кількісно, так і якісно. І тут стратегією компаній є бездоганне обслуговування кінцевого споживача. Ключові особливості цієї стратегії містять гнучкість та короткі терміни постачання. Гнучкі стратегії ЦП виявляються найкращими у разі диференційованих товарів в умовах попиту, що змінюється. Цю

стратегію найпростіше реалізувати, коли загальний час виконання замовлення (Lead Time) коротший.

Однак, насправді ці два підходи можуть доповнювати один одного, і в багатьох випадках застосовується гібридна стратегія, в якій використовуються як ошадливі, так і гнучкі ЛП – Leagile [15].

Розглядаючи основні цілі управління ЛП, можна виділити такі:

1. Зменшення загального часу виконання замовлення (Lead Time);

2. Забезпечення надійності, правильної частоти доставки (Takt Time), якості та гнучкості поставок (Agile Management);

3. Оптимізація рівня запасів у всьому ланцюгу постачань.

4. Мінімізація загальних витрат.

Оптимізація запасів означає, що управління запасами не може розглядатися як автономна діяльність, рівень запасів має гнучко регулюватися відповідно до переваг клієнтів. Мінімізовані загальні витрати на потік матеріальних ресурсів мають бути зіставлені з рівнем обслуговування доставки, оскільки це є основним компромісом усієї логістичної системи.

Слід зазначити, що окремі компанії у ЛП є постачальниками та споживачами одночасно. Кожен постачальник є клієнтом іншого постачальника, що означає, що вони повинні працювати на двох ринках: є частиною ринку збуту як клієнти, і як постачальники – у сфері закупівель. Кожна компанія у ЛП повинна прислухатися до сигналів ринку клієнтів – у разі необхідності вивчати потреби наступної ланки і, отримавши необхідні знання, закуповувати необхідні ресурси на ринці тобто із попередньої ланки в ЛП.

Наявність стратегії розвитку є невід'ємною частиною ефективного функціонування будь-якого підприємства, багато з яких вже усвідомили важливість методологій стратегічного управління та управління проектами. Особливого значення набуває розробка обґрунтованих стратегій розвитку ЛП, і на їх основі – підготовка та реалізація окремих проектів із урахуванням стадії ЖЦ, на якій знаходиться компанія. Така необхідність реалізується за допомогою формалізованих методів для вибору проектів, що найбільше відповідають стратегії розвитку підприємства та стадії його ЖЦ. Для відбору проектів розвитку ЛП необхідний метод, що дозволяє дати як кількісну, так і якісну оцінку такій відповідності. Подібним вимогам відповідає апарат нечітких множин [16].

Нехай  $E$  – множина і  $x$  елемент  $E$ . Тоді нечітка підмножина  $\tilde{A}$  множини  $E$  визначається як множина упорядкованих пар  $\{(x, \mu_A(x)), \forall x \in E$ , де  $\mu_A(x)$  – характеристична функція приналежності, що приймає ступінь належності в цілком упорядкованій множині  $M$ , що вказує на ступінь приналежності елементу  $x$  підмножині  $A$ . Множина  $M$  є множиною приналежностей [15].

При реалізації проектів розвитку, з урахуванням вищезазначених параметрів, теорія нечітких множин

застосовується для того, щоб зіставити матриці характеристик проектів розвитку підприємства в ЛП відповідно до його можливих стратегій і знайти найкращий проект, який може бути реалізований на даному етапі його ЖЦ.

Позначимо:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множину проектів розвитку підприємства, які розглянуті в [17];

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$  – множина стадій ЖЦ підприємства;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$  – множина можливих стратегій підприємства, яке належить до ЛП.

Хай  $\xi_R : X \times Y [0;1]$  – функція приналежності бінарного відношення  $R$ , визначається за допомогою експерта. Відношення  $R$  подається у матричній формі наступним чином:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \dots & y_p \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \xi_R(x_1; y_1) & \xi_R(x_1; y_2) & \dots & \xi_R(x_1; y_p) \\ \xi_R(x_2; y_1) & \xi_R(x_2; y_2) & \dots & \xi_R(x_2; y_p) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_R(x_n; y_1) & \xi_R(x_n; y_2) & \dots & \xi_R(x_n; y_p) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

У цій матриці елементи кожного рядка виражають оцінку відповідності проекту розвитку відповідно до етапу ЖЦ підприємства.

Хай  $\psi_s : Y \times Z [0;1]$  – функція приналежності бінарного відношення  $S$ . Для всіх  $y \in Y$ , і до всіх  $z \in Z$ ,  $\psi_s(y; z)$  дорівнює ступеню важливості стадії ЖЦ підприємства для реалізації стратегії розвитку. Чим вище значення функції, то швидше стратегія буде успішно реалізована на цьому етапі ЖЦ. У матричній формі це відношення має вигляд:

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \dots & z_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} \psi_s(y_1; z_1) & \psi_s(y_1; z_2) & \dots & \psi_s(y_1; z_m) \\ \psi_s(y_2; z_1) & \psi_s(y_2; z_2) & \dots & \psi_s(y_2; z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \psi_s(y_p; z_1) & \psi_s(y_p; z_2) & \dots & \psi_s(y_p; z_m) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Значення матриці  $S$  відображають ступінь відповідності стадій ЖЦ  $Y_i$  підприємства при прийнятті компанією відповідної стратегії розвитку  $z_j$ .

З матриць  $R$  і  $S$  отримаємо матрицю  $T$ :

$$T = \begin{matrix} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \dots & z_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu_A(x_1; z_1) & \mu_A(x_1; z_2) & \dots & \mu_A(x_1; z_m) \\ \mu_A(x_2; z_1) & \mu_A(x_2; z_2) & \dots & \mu_A(x_2; z_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_A(x_n; z_1) & \mu_A(x_n; z_2) & \dots & \mu_A(x_n; z_m) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

елементи якої визначаються функцією приналежності

$$\mu_A(x, z_i) = \frac{\sum_y \xi_R(x; y) \cdot \psi_S(y; z)}{\sum_y \psi_S(y; z)}$$

для всіх  $x \in X$ ,  $y \in Y$ ,  $z \in Z$ .

Це інтегрована оцінка, яка присвоюється проєкту за всіма параметрами і порівнюється з іншими оцінками інших проєктів розвитку. Таким чином, ми отримуємо міру відповідності етапу ЖЦ підприємства реалізації стратегії через проєкт розвитку. Тобто проєкти, чії функції приналежності виявилися найвищими, відбираються в портфель. Інший спосіб – задалегідь встановити так званий поріг, нижче якого, яка б оцінка не була, проєкт не приймається.

**Висновки.** Розвиток методів управління проєктами в ланцюзі постачань – це вибір стратегії розвитку, прогнозування обсягів виробництва та споживання продукції, оптимізація та моніторинг стану ресурсів шляхом визначення показників функціонування ланцюга постачань та підвищення ефективності проєкту в цілому з урахуванням стратегії мінімізації ризиків.

Дане дослідження присвячене розробці методичного забезпечення для відбору проєктів у межах ланцюга постачань. На відміну від існуючих підходів, модель враховує життєвий цикл проєкту та стратегію розвитку ланцюга постачання. Такий симбіоз дозволяє повніше розглядати ланцюг постачань у межах проєктної діяльності.

1. Розглянуто життєвий цикл поповнення флоту як наочний приклад у різних його учасників, що є частиною ланцюга постачань. Конкретизовані фази життєвого циклу управління ланцюга постачань, серед яких окреслені стратегії ЛПП, поліпшення через комунікації між стейкхолдерами та удосконалення процесів та систем ЛПП.

2. Визначені групи ризиків у прив'язці до життєвого циклу проєкту оновлення (поповнення) флоту судноплавної компанії, уточнені можливі групи ризиків у окремі періоди ЖЦ, що дозволяє систематизувати розробку відповідних моделей, методів та механізмів їх оцінки.

3. Проведено концептуальне моделювання проєктів ланцюга постачань за допомогою формалізованих методів для вибору проєктів, що найбільше відповідають стратегії розвитку та стадії його ЖЦ. Визначено міру відповідності етапу життєвого циклу підприємства реалізації стратегії через проєкт розвитку.

Дане дослідження має як теоретичне значення, розвиваючи теорію управління ланцюгами постачань, управління проєктами та стратегічного менеджменту в частині питань планування та виконання проєктів, так і практичне значення, що є інструментом прийняття рішень при розробці стратегій та її реалізація через проєкт у ланцюзі постачань.

## Список літератури

1. John J. Coyle, John Langley, Robert A. Noovack, Brian J. Gibson. (2017). *Supply chain management: A logistics perspective*. [Tenth edition]. 639.
2. Soonhong Min, Zach G. Zacharia, and Carlo D. Smith. (2019). Defining Supply Chain Management: In the Past, Present, and Future. *Journal of Business Logistics*. No. 40(1), pp 44-55. doi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jbl.12201/>
3. Apics Supply Chain Council. (2015). *Enhancing Project Management*. URL: <http://www.apics.org/docs/default-source/industry-content/apics-enhancing-project>. (дата звернення: 20.09.23).
4. John H. Blackstone Jr. (2010). *APICS Dictionary*. [13th Edition]. 168.
5. Nel J.D., Badenhorst- Weiss. *Supply chain design Some critical questions*. 2010. URL: [https://www.researchgate.net/publication/307846614\\_](https://www.researchgate.net/publication/307846614_)
6. Семенчук К.І. (2021). Управління проєктами в ланцюгах постачань. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*, 4(77), 48-67. <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2021-4-48-67> [in Ukrainian]
7. Семенчук Е.Л. Использование современных концепций стратегического менеджмента для развития морских перевозок. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами: Збірник наукових праць*. 2018. № 1 (1277). – С.69-74. <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2018.1277.11>
8. Шадура В.О., Меленчук В.М. Проактивне управління проєктами логістичних підприємств. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами: Збірник наукових праць*. 2023. № 1 (7). – С.93-99. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2023.7.12>
9. Xinyu Wei, Viktor Prybutok, Brian Sausser. *Review of supply chain management within project management*. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266672152100007>
10. Cristoph Kilger, *The Definition of a Supply Chain Project*. *Supply Chain Management and Advanced Planning*. pp 281–300. URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/279569-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-644482-1-10-20230518%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/279569-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-644482-1-10-20230518%20(1).pdf)
11. Антошин С.М., Найдис О.А. Исследование стратегий цепей поставок. *Маркетинг та організація збуту*. 2020. Т. 28. № 3. P. 97-107. DOI: <https://doi.org/10.25987/VSTU.2020.60.21.010>
12. James B. Ayers. (2006). *Handbook of supply chain management*. [Auerbach Publication, 2nd ed]. 658.
13. Zhe Liang, Wanpracha Art Chaovaitwongse, Leyuan Shi. (2017). *Supply Chain Management and Logistics: Innovative Strategies and Practical Solutions*. [Taylor&Francis Group]. 264 p.
14. Mason-Jones, R., Naylor, B. & Towill, D. R. (2000). Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *International Journal of Production Research*, no. 38(17). pp. 4061-4070.
15. Lee H.L. (2005). Sekret najbardziej efektywnych łańcuchów dostaw. *Harvard Business Review Polska*. no. 25, pp.78-92.
16. Семенчук Е.Л. (2011). Стратегии развития согласно жизненному циклу судоходной компании. *Збірник Одеського національного морського університету*, Одеса: ОНМУ. №. 32. С. 161-169.
17. Баканов М.И., Шеремет А.Д. (2001). *Теория экономического анализа* : Финансы и статистика. 416 с.

## References (transliterated)

1. John J. Coyle, John Langley, Robert A. Noovack, Brian J. Gibson. (2017). *Supply chain management: A logistics perspective*. [Tenth edition]. 639.
2. Soonhong Min, Zach G. Zacharia, and Carlo D. Smith. (2019). Defining Supply Chain Management: In the Past, Present, and Future. *Journal of Business Logistics*. No. 40(1), pp 44-55. doi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jbl.12201/>
3. Apics Supply Chain Council. (2015). *Enhancing Project Management*. Available at: <http://www.apics.org/docs/default-source/industry-content/apics-enhancing-project>. (accessed 20.09.23).



4. John H. Blackstone Jr. (2010). *APICS Dictionary*. [13th Edition]. 168.
5. Nel J.D., *Badenhorst- Weiss. Supply chain design Some critical questions*. 2010. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/307846614>
6. Semenchuk K. (2021). Upravlinnya proyektamy v lantsyuhakh postachan' [Project management in the supply chains]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti* [Development of Management and Entrepreneurship Methods on Transport], 4(77), 48-67. <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2021-4-48-67> [in Ukrainian]
7. Semenchuk K.L. Ispol'zovaniye sovremennykh kontseptsiy strategicheskogo menedzhmenta dlya razvitiya morskikh pervezozok [Use modern strategic management concepts for the development of maritime transport]. *Visnyk NTU «KhPI». Seriya: Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proektamy: Zbirnyk naukovykh prats* [Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Strategic management, management of portfolios, programs and projects: Collection of scientific papers]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ, 2018. № 1 (1277). pp. 69-74. <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2018.1277.11>
8. Shadura D., Melenchuk V. Proaktyvne upravlinnya proyektamy lohistychnykh pidpryyemstv [Proactive project management of logistics enterprises]. *Visnyk NTU «KhPI». Seriya: Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proektamy: Zbirnyk naukovykh prats* [Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Strategic management, management of portfolios, programs and projects: Collection of scientific papers]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ, 2023. № 1 (7). pp. 93-99. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2023.7.12>
9. Xinyu Wei, Viktor Prybutok, Brian Sauser. *Review of supply chain management within project management*. 2021. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266672152100007>
10. Cristoph Kilger, *The Definition of a Supply Chain Project. Supply Chain Management and Advanced Planning*. pp 281–300. Available at: [file:///C:/Users/User/Downloads/279569-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-644482-1-10-20230518%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/279569-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-644482-1-10-20230518%20(1).pdf)
11. Antyushin S.M., Naydis O.A. Issledovaniye strategiy tsepey postavok [Research of supply chain management strategies]. *Marketynh ta orhanizatsiia zbitu* [Production Organizer]. 2020. T. 28. № 3. P. 97-107. DOI: 10.25987/VSTU.2020.60.21.010 [in Russian]
12. James B. Ayers. (2006). *Handbook of supply chain management*. [Auerbach Publication, 2nd ed]. 658.
13. Zhe Liang, Wanpracha Art Chaovalitwongse, Leyuan Shi. (2017). *Supply Chain Management and Logistics: Innovative Strategies and Practical Solutions*. [Taylor&Francis Group]. 264 p.
14. Mason-Jones, R., Naylor, B. & Towill, D. R. (2000). Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *International Journal of Production Research*, no. 38(17). pp. 4061-4070.
15. Lee H.L. (2005). Sekret najbardziej efektywnych łańcuchów dostaw. *Harvard Business Review Polska*. no. 25, pp.78-92.
16. Semenchuk Ye.L. (2011). Strategii razvitiya soglasno zhiznennomu tsiklu sudohodnoy kompanii [Development strategies according to the life cycle of a shipping company]. *Zbirnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu* [Proceeding of the Odessa National Maritime University], Odessa: ONMU. No. 32. pp. 161-169. [in Russian].
17. Bakanov M.I., Sheremet A.D. (2001). *Teoriya ekonomicheskogo analiza* [Theory of economic analysis]. M.: Finansyi i statistika. 416 p. [in Russian].

Надійшла (received) 26.02.2024

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Семенчук Катерина Леонідівна (Semenchuk Kateryna)** – кандидат технічних наук, доцент, Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку, доцент кафедри «Менеджмент та маркетинг»; e-mail: [katarix@ukr.net](mailto:katarix@ukr.net). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1808-448X>

**О. А. СЕРГІЄНКО, Н. Л. ЧЕРНОВА, І. С. МОМОТКОВ, О. Б. ГУЗЬ**

## АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ТА АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПРОДУКТОВОЇ КОМПАНІЇ НА ПРИКЛАДІ ІТ-ГАЛУЗІ

Сучасний стан ІТ-галузі характеризується високим рівнем ринкової капіталізації та стрімкими темпами зростання у порівнянні з більшістю інших галузей світової економіки. Збереження зазначеної конкурентної позиції потребує досліджень щодо підвищення ефективності управлінської діяльності та визначає актуальність задачі оцінки та аналізу системи бізнес-процесів ІТ-компаній. Проблематика аналізу системи бізнес-процесів є достатньо досліджуваною, але питання моделювання взаємозв'язків між окремими показниками, що характеризують бізнес-процеси, та узагальнюючими показниками ефективності ще потребують доопрацювання. Ефективність показує, наскільки добре виконуються процеси у комплексі, тому дуже важливим є не тільки оцінити показник ефективності кількісно, але й визначити ступень впливу на нього окремих складових, отримати перелік ключових проблемних чинників негативного впливу, для котрих незначні зміни в їхньому перебігу призводять до суттєвих змін у функціонуванні та розвитку компанії в цілому. В поточному дослідженні першочергову увагу приділено стратегічним бізнес-процесам, які у свою чергу декомпонуються на тактичні та операційні. Загальна оцінка ефективності стратегічного бізнес-процесу залежить від ефективності кожного дочірнього процесу. Оцінку ефективності процесів операційного рівня пропонується здійснювати відносно обсягів витрат трудових та матеріальних ресурсів на їх виконання. Метою роботи є розробка та практична реалізація алгоритму оцінки та аналізу ефективності бізнес-процесів ІТ-компанії. Зазначений алгоритм містить наступні основні етапи: оцінка кількісних параметрів бізнес-процесу; побудова моделі залежності результатів бізнес-процесу від ресурсних показників; оцінка показників ефективності управління бізнес-процесом; оцінка синергетичного ефекту від реалізації дочірніх бізнес-процесів. На виході алгоритму отримуємо систему кількісних показників, які дозволяють провести ранжування бізнес-процесів за рівнем ефективності, визначити ступень впливу окремих складових бізнес-процесу на загальний показник ефективності, оцінити синергетичний ефект від реалізації дочірніх бізнес-процесів.

**Ключові слова:** бізнес-процес, стратегічне управління, ефективність, модель, синергетичний ефект.

**О. SERHIENKO, N. CHERNOVA, I. MOMOTKOV, O. HUZ**

## ALGORITHM FOR ASSESSING AND ANALYZING THE EFFECTIVENESS OF IT COMPANY BUSINESS PROCESSES

The current state of the IT industry is characterized by a high level of market capitalization and rapid growth rates compared to most other sectors of the global economy. Preservation of the specified competitive position requires research on improving the management efficiency and determines the relevance of the task of evaluating and analyzing IT companies' business processes system. The problem of analyzing the business process system is sufficiently researched, but the issue of modeling the relationships between individual indicators characterizing business processes and general performance indicators still needs to be refined. Efficiency shows how well the processes in the complex are performed, therefore it is very important not only to evaluate the efficiency indicator quantitatively, but also to determine the degree of influence of individual components on it, to obtain a list of key problematic factors of negative influence, for which minor changes in their course lead to significant changes in the functioning and development of the company as a whole. In the current study, primary attention is paid to strategic business processes, which in turn are decomposed into tactical and operational ones. The overall assessment of the effectiveness of a strategic business process depends on the effectiveness of each subsidiary process. It is proposed to evaluate the effectiveness of operational level processes in relation to the amount of labor and material resources spent on their implementation. The purpose of the work is the development and practical implementation of an algorithm for evaluating and analyzing IT company business processes effectiveness. The specified algorithm includes the following main stages: assessment of business process quantitative parameters; building a dependence model of business process results and resource indicators; assessment of business process management efficiency indicators; assessment of the synergistic effect from the implementation of subsidiary business processes. The system of quantitative indicators is obtained as a result of the algorithm implementation. The system allows to rank business processes according to the efficiency level, to determine the degree of influence of business process individual components on the overall efficiency, to evaluate the synergistic effect of the implementation of subsidiary business processes.

**Keywords:** business process, strategic management, efficiency, model, synergistic effect.

**Вступ.** За останні декілька років ІТ-галузь демонструвала темпи зростання, що значно відокремлювали її від більшості інших складових частин світової економічної системи. Так, згідно рис. 1, темпи базисного приросту ІТ галузі в рази перевищували аналогічний показник для індексу S&P500.

За останній рік базисний темп приросту зазначеної галузі склав величину 47,1%, тоді як для S&P500 - лише 19,1%[1].

У свою чергу, згідно класифікації GICS (Global Industry Classification Standard) ІТ галузь поділяється на декілька субгалузей [2], серед яких складова Software & Services у досліджувані періоди також демонструвала значні позитивні прирости. Таким чином, сервісні ІТ-компанії відіграють суттєву роль у

розвитку галузі в цілому та потребують окремого дослідження.

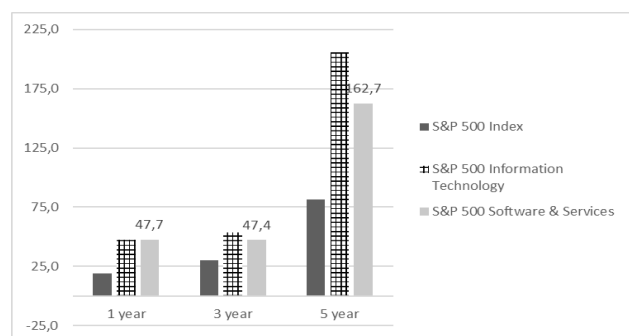


Рис. 1. Базисні темпи приросту, %

© О. А. Сергієнко, Н. Л. Чернова, І. С. Момотков, О. Б. Гузь, 2024

Для сучасної ІТ-компанії однією з першочергових та найбільш актуальних є задача покращення якості та ефективності власної управлінської діяльності. Двома основними концепціями управління є функціональна та процесна, і остання найчастіше реалізується у сучасному ІТ-бізнесі. Цей факт обумовлений наступними перевагами процесного підходу до управління: підпорядкування усіх процесів меті задоволення внутрішніх чи зовнішніх користувачів результатами процесів; скорочення часу на передачу інформації на вищі рівні ієрархії; визначення ефективності операцій (функцій) в рамках ефективності діяльності в цілому; підпорядкованість процесів загальній меті, що дає можливість планувати діяльність; існує адаптація до вимог ринка і можливість реорганізувати неефективні процеси.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Процесний підхід базується на комплексній категорії «бізнес-процесу». Існує значне різноманіття визначення цієї категорії, розгалужена їхня класифікація та широка система ознак. Дослідженням бізнес-процесів (БП) займалася низка закордонних та вітчизняних науковців [3-12]. Аналіз бізнес-процесів як теоретичної сутності підтверджує їхній взаємозв'язок зі стратегічним управлінням та необхідністю використання бізнес-процесів як інструменту управління. Незалежно від типу управління, керівництво компанії та менеджери відповідних ланок координують власну діяльність та діяльність своїх підлеглих за допомогою бізнес-процесів. Саме бізнес-процеси є основним елементом управління, який дає уявлення про необхідність виконання певних дій, визначеним колом осіб у рамках виділених ресурсів, з очікуваним результатом та контрольними точками. Реалізація управління через бізнес-процеси дає можливість організації планувати власну діяльність, контролювати виконання поставлених завдань. У свою чергу працівники чітко знають очікувані від них результати та шляхи взаємодії як із внутрішніми, так і зовнішніми контрагентами. Проблематика оцінки ефективності бізнес-процесів є достатньо досліджуваною, але питання моделювання взаємозв'язків між окремими показниками, що характеризують бізнес-процеси, та узагальнюючими показниками ефективності ще потребують доопрацювання. Ефективність показує, наскільки добре виконуються процеси у комплексі, тому дуже важливим є не тільки оцінити показник ефективності кількісно, але й визначити ступінь впливу на нього окремих складових бізнес-процесів, отримати перелік ключових проблемних чинників негативного впливу, для котрих незначні зміни в їхньому перебігу призводять до суттєвих змін у функціонуванні та розвитку компанії в цілому.

**Метою роботи** є розробка та практична реалізація алгоритму оцінки та аналізу ефективності бізнес-процесів ІТ-компанії.

**Виклад основного матеріалу.** Стратегія ІТ компанії практично повністю відповідає класичному уявленню про стратегічне управління. Головною особливістю є фокусування на споживачі та створення додаткових метрик на основі задоволення та поведінки клієнтів.

Окремий бізнес-процес компанії можна представити за допомогою наступної формальної моделі:

$$WF = \langle G, PR, GI, A, B, GO \rangle,$$

де  $WF$  – формальна модель бізнес-процесу;  $G$  – орієнтований граф бізнес-процесу;  $PR$  – множина параметрів бізнес-процесу;  $GI$  – входи бізнес-процесу (необхідні умови його виконання);  $A$  – множина активностей бізнес-процесу;  $B$  – ресурси необхідні для виконання бізнес-процесу, їх розподіляють на матеріальні ( $Bp$ ) та інформаційні ( $Bi$ );  $GO$  – виходи бізнес-процесу (результати бізнес-процесу, які використовуються іншими агентами або кінцевими споживачами).

Побудова формальної моделі є необхідним кроком для подальшого моделювання бізнес-процесів.

Управління найчастіше розглядається на трьох різних рівнях: стратегічному, тактичному та операційному. Слід зазначити, що в дослідженні розглядаємо перш за все стратегічні бізнес-процеси, які декомпозують на тактичні та операційні. Загальна оцінка ефективності стратегічного бізнес-процесу сервісної ІТ-компанії залежить від ефективності кожного дочірнього БП. Враховуючи ієрархічну структуру системи бізнес-процесів, повинна бути виконана логічна послідовність оцінки: активність (окрема дія бізнес-процесу) – бізнес-процес операційного рівня – бізнес-процес тактичного рівня – бізнес-процес стратегічного рівня. Оцінку ефективності БП операційного рівня пропонується здійснювати відносно обсягів витрат трудових та матеріальних ресурсів на виконання бізнес-процесу.

Запропонований нижче алгоритм оцінки та аналізу ефективності бізнес-процесів може бути реалізований для будь-якого з перелічених рівнів ієрархії та містить наступні основні етапи:

1. Оцінка кількісних параметрів бізнес-процесу.
2. Побудова моделі залежності результатів бізнес-процесу від ресурсних показників.
3. Оцінка показників ефективності управління бізнес-процесом.
4. Оцінка синергетичного ефекту від реалізації дочірніх бізнес-процесів.

Розглянемо детальніше запропоновані етапи.

Етап 1. Оцінка кількісних параметрів бізнес-процесу. Реалізація етапу передбачає визначення переліку ресурсів, необхідних для виконання бізнес-процесу (трудова ресурсів, фінансових, інформаційних, часу та інш.), їх обсягів, а також результатів виконання бізнес-процесу.

Не існує загальноприйнятого списку індикаторів-результатів бізнес-процесу, вони визначаються на основі мети бізнес-процесу чи його вкладу у досягнення загальної цілі підприємства.

Тому пропонується фінальним результатом бізнес-процесу вважати інтегральний показник, який може бути розрахований на основі вище перелічених параметрів.

Отже, показник результатів БП варто оцінювати з урахуванням його системних особливостей, як інтегральне утворення, що включає множину параметрів, які всебічно характеризують виходи БП. При цьому отриманий інтегральний показник відображатиме загальний рівень задоволеності результатами БП.

Позначимо через  $r_{ijk}^t(A_{ijk}^t)$  інтегральний показник задоволеності результатами бізнес-процесу  $A_{ijk}^t$ , тобто показник, що характеризує ефективність даного БП у момент часу  $t$  ( $k$  – індекс дії (активності) в межах  $j$ -го операційного бізнес-процесу, що є дочірнім для  $i$ -го тактичного бізнес-процесу). Він є функцією набору деяких параметрів  $r_{ijk}^t(A_{ijk}^t) = F\{\varepsilon_{ijk1}^t, \dots, \varepsilon_{ijkp}^t, \dots, \varepsilon_{ijkP}^t\}$ ,  $\varepsilon_{ijkp}^t$  – часткові параметри, що характеризують результати БП,  $p = [1, P]$  порядковий номер параметру,  $P$  – кількість параметрів, що може змінюватись для кожного БП, залежно від його специфіки.

Для обчислення загального рівня задоволеності результатами БП як інтегрального показника пропонується використовувати алгоритм методу рівня розвитку, що відноситься до методів таксономії [13] та містить наступні основні кроки: формування матриці вихідних даних; стандартизація вихідних показників; побудова точки-еталону; порівняння фактичних значень параметрів результатів бізнес-процесу з еталонними значеннями; розрахунок значення інтегральної оцінки. Отримане значення інтегральної оцінки рівня задоволеності результатами БП є узагальнюючою величиною результуючих параметрів, та інтерпретується наступним чином: чим ближче значення інтегрального показника до одиниці, тим менше неузгодженість між фактичними значеннями параметрів та їхніми еталонними значеннями, і тим вище рівень задоволеності результатами БП.

Етап 2. Побудова моделі залежності результатів бізнес-процесу від ресурсних показників. При побудові залежності результатів процесу та ресурсів, що були на нього витрачені, кращим інструментом моделювання будуть виробничі функції. Враховуючи швидкоплинність розвитку технологій у ІТ-галузі, особливо при наданні сервісних послуг, в якості інструменту моделювання у дослідженні варто обрати виробничу функцію Кобба-Дугласа у формі Я. Тінбергена, яка враховує вплив науково-технічного прогресу.

Для побудови моделі залежності в якості факторів виробництва у дослідженні пропонується використати витрати часу ( $zp$ ) та витрати капіталу ( $zm$ ) на виконання активностей БП. Результативним фактором вважатиметься значення інтегральної оцінки рівня задоволеності результатами БП  $r_{ijk}^t$ . Тоді загальна математична модель оцінки ефективності БП буде наступною:

$$r_{ijk}^t = Ae^{\rho t} zp^{\alpha} zm^{\beta},$$

де  $\alpha, \beta$  – еластичність випуску за факторами; множник  $Ae^{\rho t}$  характеризує рівень технічного прогресу.

Етап 3. Оцінка показників ефективності управління бізнес-процесом. Обрання виробничих функцій в якості інструменту дослідження бізнес-процесів та побудова їх якісних моделей дозволяють далі на етапі оцінки показників ефективності управління БП опиратися на їх основні характеристики. Для дослідження ефективності використання наявних ресурсів та взагалі ефективності управління бізнес-процесами розглянемо та обчислимо такі основні характеристики виробничих функцій як середня продуктивність, гранична продуктивність, еластичність за факторами виробництва, гранична норма заміни ресурсів [14].

Середня продуктивність ресурсів. У якості ресурсів при дослідженні БП ІТ-компанії було обрано витрати часу персоналу часу ( $zp$ ) та витрати капіталу ( $zm$ ) на виконання активностей БП  $A_{ijk}^t$ . Отже, розглянемо середню продуктивність персоналу в одиницю часу  $A(zp)_{ijk}$  та середню продуктивність витрат капіталу на виконання активностей БП  $A(zm)_{ijk}$ . Середня продуктивність ресурсів показує середній рівень задоволеності результатами БП, що приходить на одиницю витраченого часу або капіталу:

$$A^t(zp)_{ijk} = \frac{r_{ijk}^t}{zp^{p_{ijk}}} = Ae^{\rho t} zp^{\alpha-1} zm^{\beta},$$

$$A^t(zm)_{ijk} = \frac{r_{ijk}^t}{zm^{m_{ijk}}} = Ae^{\rho t} zp^{\alpha} zm^{\beta-1}.$$

Гранична продуктивність ресурсів - показує скільки додаткових відсотків рівня задоволеності результатами БП принесе одиниця додатково витраченого часу або капіталу:

$$M^t(zp)_{ijk} = \frac{\partial r_{ijk}^t}{\partial zp^{p_{ijk}}} = Ae^{\rho t} \alpha \cdot zp^{\alpha-1} zm^{\beta},$$

$$M^t(zm)_{ijk} = \frac{\partial r_{ijk}^t}{\partial zm^{m_{ijk}}} = Ae^{\rho t} \beta \cdot zp^{\alpha} zm^{\beta-1}.$$

Еластичність випуску продукції за факторами виробництва - показує, на скільки відсотків збільшиться рівень задоволеності результатами БП від збільшенні витрат ресурсів на 1 %:

$$E^t(zp)_{ijk} = \frac{\partial r_{ijk}^t}{\partial zp^{p_{ijk}}} \cdot \frac{zp^{p_{ijk}}}{r_{ijk}^t} = \frac{M^t(zp)_{ijk}}{A^t(zp)_{ijk}} = \alpha,$$

$$E^t(zm)_{ijk} = \frac{\partial r_{ijk}^t}{\partial zm^{m_{ijk}}} \cdot \frac{zm^{m_{ijk}}}{r_{ijk}^t} = \frac{M^t(zm)_{ijk}}{A^t(zm)_{ijk}} = \beta.$$

Сумарна еластичність за витратами показує ефект одночасного пропорційного збільшення витрат часу та фінансових коштів на реалізацію БП:

$$E_{ijk}^t = E^t(zp)_{ijk} + E^t(zm)_{ijk} = \alpha + \beta.$$

Гранична норма заміни ресурсів - показує, на скільки одиниць збільшуються витрати одного ресурсу (у разі незмінного рівня задоволення

результатами БП), якщо витрати  $i$ -го ресурсу зменшуються на одиницю. У межах даного дослідження викликає інтерес скорочення витрат часу на виконання БП за рахунок додаткового фінансування:

$$R^t(zp \rightarrow zm)_{ijk} = -\frac{\Delta zm_{ijk}}{\Delta zp_{ijk}} = -\frac{E^t(zp)_{ijk}}{E^t(zm)_{ijk}} \cdot \frac{zm_{ijk}^t}{zp_{ijk}^t} = \frac{\alpha \cdot zm_{ijk}^t}{\beta \cdot zp_{ijk}^t}$$

Етап 4. Оцінка синергетичного ефекту від реалізації дочірніх бізнес-процесів. Як зазначалося вище, кожен БП тактичного рівня характеризується ефективністю, яка залежить від ефективності окремих дій (активностей, бізнес-процесів), підпорядкованих йому. Ефективність кожного БП вищого рівня підвищується внаслідок взаємодії та взаємодоповнення його дочірніх БП, виникнення нових аспектів та напрямів реалізації БП. Таке явище пов'язане з виникненням синергії у системі управління БП. Складність оцінки впливу усієї множини факторів, що впливають на реалізацію самого тактичного БП та його дочірніх БП, а також активностей, викликає труднощі кількісної оцінки синергетичного ефекту від їх реалізації. Визначаємо, що під синергетичним ефектом  $\Theta^t(A_{ijk}^t)$  від реалізації дочірніх БП розуміється величина, на яку результат реалізації БП тактичного рівня перевищує суму результатів реалізації його дочірніх БП. Сумарна ефективність тактичного БП може бути вищою, ніж сума ефектів від дочірніх БП.

Для оцінки синергетичного ефекту від реалізації БП визначимо його методологічні особливості.

Позитивний синергетичний ефект внаслідок реалізації БП на момент часу  $t$  в оцінці ефективності  $i$ -го тактичного бізнес-процесу:

$$\Theta^t(A_{ijk}^t) = r_{ijk}^t(A_{ijk}^t) - \sum_j \sum_k r_{ijk}^t(A_{ijk}^t, \Omega(t_{0i} - \tau_i, \tau_i)),$$

$\Omega(t_{0i} - \tau_i, \tau_i)$  - оцінка ступеню невизначеності параметрів внутрішнього та зовнішнього середовища,  $t_{0i}$  - момент початку виконання  $i$ -го БП тактичного рівня,  $\tau_i$  - момент часу, в який приймається рішення про необхідність виконання  $i$ -го БП тактичного рівня.

Синергетичний ефект внаслідок реалізації дочірніх БП  $i$ -го тактичного бізнес-процесу є позитивним та повинен максимізуватися:

$$\Theta^t(A_{ijk}^t) \geq 0, \Theta^t(A_{ijk}^t) \rightarrow \max.$$

Синергія внаслідок реалізації дочірніх БП залежить від ефективності дочірніх БП та від ефективності управління ними в межах тактичного бізнес-процесу.

Отже, завданням четвертого етапу оцінки ефективності БП вищого рівня є побудова моделі оцінки синергетичного ефекту від реалізації дочірніх БП.

Розглянемо результати реалізації алгоритму оцінки ефективності бізнес-процесів на прикладі наступних базових бізнес-процесів тактичного рівня: маркетинг (A1), продажі (A2), перемовини (A3),

реалізація проекту (A4). Подальше розбиття на дочірні процеси наведено нижче у переліку:

A1. Маркетинг.

A1.1. Дослідження ринку.

A1.2. Лідогенерація (A1.2.1. Лідогенерація через електронну пошту компанії; A1.2.2. Лідогенерація через конференції; A1.2.3. Лідогенерація через сайт (A1.2.3.1. Просування через пошукові системи; A1.2.3.2. Просування через соціальні мережі); A1.2.4. Лідогенерація через партнерську програму).

A1.3. Підвищення впізнаваності бренду.

A1.4. Розробка контенту (A1.4.1. Розробка маркетингових матеріалів).

A2. Продажі.

A2.1. Залучення клієнтів (A2.1.1. Залучення клієнтів через тендер; A2.1.2. Залучення клієнтів через відкриті вакансії).

A2.2. Підписання контракту (A2.2.1. Підписання контракту на support).

A2.3. Підготовка старту проекту.

A3. Перемовини.

A3.1. Pre Sale.

A3.2. Elaboration phase.

A3.3. Upsales.

A4. Реалізація проекту.

A4.1. Розробка проекту.

A4.2. Контроль (A4.2.1. Опитувальник РМО; A4.2.2. Project Statuses; A4.2.3. Status-meeting; A4.2.4. Delivery status-meeting; A4.2.5. Коригування процесів).

A4.3. Support.

В рамках першого етапу запропонованого алгоритму для кожного бізнес-процесу операційного рівня було визначено перелік активностей, що його визначають, та сформовано відповідну множину кількісних показників. В рамках другого етапу було здійснено редукцію вихідної множини кількісних показників та отримано інтегральний результуючий показник загального рівня задоволеності результатами БП. Також для кожного бізнес-процесу отримано оцінки ресурсних показників, а саме оцінки витрати часу та витрат капіталу. Результати побудови моделі залежності результатів бізнес-процесу від ресурсних показників для БП «Маркетинг» в рамках реалізації третього етапу алгоритму наведено у табл. 1. Побудовані моделі характеризуються високими показниками якості. Критеріями оцінки виступають: коефіцієнт детермінації (d), коефіцієнт множинної кореляції (R), критерій Фішера (F) та рівень його значущості p-value. Значення коефіцієнта детермінації для побудованих моделей перевищує значення 0,7, що характеризує високий рівень адекватності моделей. Коефіцієнт множинної кореляції високий та близький до 1, що свідчить про сильний вплив факторів моделі на результуючий показник. Значення критерію Фішера у моделей є високим та перевищує критичні рівні, що підтверджується низьким рівнем критерію p-value. Таким чином, робимо висновок про високу якість побудованих моделей, що дозволяє використовувати їх для подальшого аналізу та оцінки ефективності БП.

Таблиця 1 – Результати моделювання для БП «Маркетинг»

Позначення БП	Модель	d	R	F	p-value
A1.1	$r_{11}^t = 0.024e^{0.85t} z p_{11}^{0.087} z m_{11}^{0.891}$	0,77	0,877	964,8	0,0031
A1.2.1	$r_{121}^t = 0.19e^{1.13t} z p_{121}^{0.097} z m_{121}^{0.107}$	0,97	0,985	9666,67	0,00
A1.2.2	$r_{122}^t = 0.215e^{0.93t} z p_{122}^{0.104} z m_{122}^{0.09}$	0,87	0,933	764,78	0,012
A1.2.3.1	$r_{1231}^t = 0.233e^{0.83t} z p_{1231}^{0.084} z m_{1231}^{0.102}$	0,911	0,954	126,23	0,008
A1.2.3.2	$r_{1232}^t = 0.385e^{0.5t} z p_{1232}^{0.12} z m_{1232}^{0.039}$	0,76	0,872	274,7	0,047
A1.2.4	$r_{124}^t = 0.27e^{0.71t} z p_{124}^{0.14} z m_{124}^{0.062}$	0,81	0,904	113,82	0,038
A1.3.1	$r_{131}^t = 0.25e^{0.97t} z p_{131}^{0.112} z m_{131}^{0.07}$	0,788	0,887	347,21	0,005
A1.3.2	$r_{132}^t = 0.097e^{0.56t} z p_{132}^{0.082} z m_{132}^{0.522}$	0,825	0,908	965,83	0,027
A1.3.3	$r_{133}^t = 0.47e^{0.347t} z p_{133}^{0.21} z m_{133}^{0.074}$	0,76	0,87	77,6	0,022
A1.4.1	$r_{141}^t = 0.089e^{0.745t} z p_{141}^{0.354} z m_{141}^{0.479}$	0,79	0,889	105,33	0,047

Результати обчислень середньої продуктивності  $E(zm)$  та граничної норми заміни ресурсів  $R(zp \rightarrow zm)$  ресурсів( $A(zp)$ ,  $A(zm)$ ), граничної продуктивності  $zm$ ) наведені у табл. 2. ресурсів( $M(zp)$ ,  $M(zm)$ ), еластичності ресурсів( $E(zp)$ ,

Таблиця 2 – Основні характеристики виробничих функцій

Позначення БП	d	A(zp)	A(zm)	M(zp)	M(zm)	E(zp)	E(zm)	R(zp → zm)
A1.1	0,77	0,780	0,042	0,068	0,038	0,087	0,891	1,905
A1.2.1	0,97	0,688	0,129	0,067	0,014	0,097	0,107	10,965
A1.2.2	0,87	0,301	0,090	0,031	0,008	0,104	0,091	5,714
A1.2.3.1	0,911	0,412	0,088	0,035	0,009	0,084	0,102	6,964
A1.2.3.2	0,76	0,693	0,037	0,083	0,001	0,120	0,039	61,305
A1.2.4	0,81	0,628	0,095	0,088	0,006	0,140	0,062	59,167
A1.3.1	0,788	0,811	0,066	0,091	0,005	0,112	0,070	34,247
A1.3.2	0,825	0,983	0,048	0,081	0,025	0,082	0,522	3,446
A1.3.3	0,76	1,061	0,102	0,223	0,008	0,210	0,074	41,419
A1.4.1	0,79	0,413	0,085	0,146	0,041	0,354	0,479	4,643
A2.1.1	0,81	0,462	0,100	0,049	0,060	0,107	0,604	0,886
A2.1.2	0,837	0,265	0,115	0,011	0,074	0,040	0,642	0,146
A2.2	0,78	0,240	0,060	0,151	0,010	0,630	0,170	37,786
A2.2.1	0,91	0,503	0,072	0,266	0,017	0,530	0,240	18,319
A2.3	0,94	0,943	0,117	0,226	0,027	0,240	0,230	14,062
A3.1	0,74	0,724	0,054	0,348	0,007	0,480	0,123	76,154
A3.2	0,757	0,626	0,055	0,119	0,014	0,190	0,250	10,542
A3.3	0,803	0,443	0,032	0,182	0,010	0,410	0,320	24,128
A4.1	0,92	0,754	0,135	0,078	0,013	0,104	0,094	27,306
A4.2.1	0,72	1,758	0,116	0,316	0,006	0,180	0,054	40,117
A4.2.2	0,879	0,772	0,047	0,144	0,022	0,187	0,460	8,633
A4.2.3	0,69	0,474	0,045	0,109	0,019	0,230	0,411	6,109
A4.2.4	0,71	0,464	0,050	0,065	0,010	0,140	0,200	14,238
A4.2.5	0,95	0,740	0,066	0,060	0,021	0,081	0,322	8,248
A4.3	0,88	0,738	0,087	0,133	0,010	0,180	0,120	41,478

Як було зазначено вище, ці показники характеризують ефективність управління досліджуваними БП. Оскільки побудовані моделі мають високий коефіцієнт детермінації та інші критерії якості, то слід стверджувати і про достовірність обчислених показників ефективності. Проаналізуємо детальніше отримані оцінки ефективності БП. На рис. 2-4 наведені характеристики

для бізнес-процесів, що є дочірніми для процесу A1.2 «Лідогенерація».

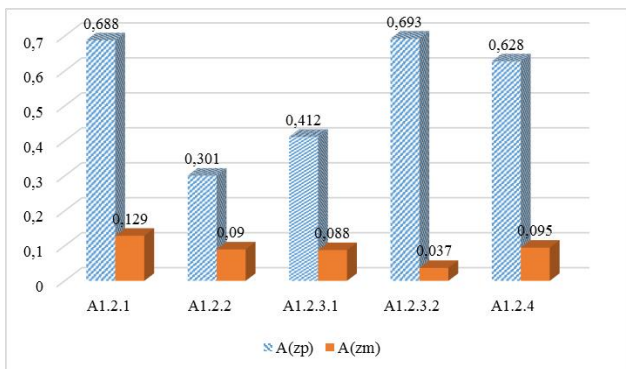


Рис. 2. Середня продуктивність ресурсів для БП A1.2 «Лідогенерація»

Так з рис. 2 робимо висновок, що середня продуктивність праці персоналу для процесів даної групи значно перевищує середню продуктивність фінансових вкладень. Найбільшим рівнем середньої продуктивності праці персоналу у даній групі процесів характеризуються процеси A1.2.3.2 «Просування через соціальні мережі» (0,693), A1.2.1 «Лідогенерація через електронну пошту компанії» (0,688) та A1.2.4 «Лідогенерація через партнерську програму» (0,628). Найменший рівень середньої продуктивності праці персоналу властивий процесу A1.2.2 «Лідогенерація через конференції» (0,301).

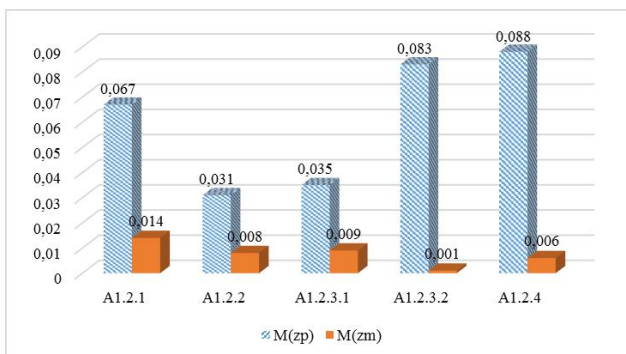


Рис. 3. Гранічна продуктивність ресурсів для БП A1.2 «Лідогенерація»

За середнім рівнем продуктивності фінансових вкладень найбільша віддача спостерігається для процесу A1.2.1 «Лідогенерація через електронну пошту компанії» (0,129), найнижча – для A1.2.3.2 «Просування через соціальні мережі» (0,037). Опіраючись на результати оцінки граничної продуктивності ресурсів, наведені на рис. 3, підтверджуються висновки про більшу ефективність використання праці персоналу компанії, ніж фінансових ресурсів.

Найбільше значення граничної продуктивності праці властиве БП A1.2.4 «Лідогенерація через партнерську програму» (0,088), найнижче – A1.2.2 «Лідогенерація через конференції» (0,031). Гранічна продуктивність капіталу при цьому найвища для процесу A1.2.1 «Лідогенерація через електронну

пошту компанії» (0,014), найнижча – для A1.2.3.2 «Просування через соціальні мережі» (0,001).

Відповідно до рис. 4 найвище значення граничної норми заміщення праці капіталом має БП A1.2.3.2 «Просування через соціальні мережі» (61,3 у.о.), що характеризується найвищим рівнем продуктивності праці серед інших БП цієї групи. Найменше значення спостерігається для процесу A1.2.2 «Лідогенерація через конференції» (5,714 у.о.), що характеризується найнижчим рівнем продуктивності праці.

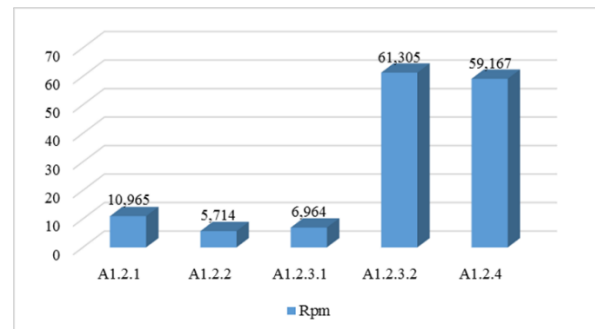


Рис. 4. Гранічна норма заміщення ресурсів для БП A1.2 «Лідогенерація»

Здійснити оцінку ефективності управління БП вищого рівня шляхом побудови економетричних моделей виробничих функцій у межах даного дослідження виявляється неможливим через різноманітність процесів та активностей, що реалізуються в межах кожного окремого БП вищого рівня. Тому для обчислення показників ефективності використання ресурсів у кожному БП тактичного рівня використаємо результати побудови економетричних моделей його дочірніх БП. А саме: за отриманими показниками ефективності дочірніх бізнес-процесів визначимо показники ефективності управління БП вищого рівня (операційного та тактичного рівня) як середні величини (табл. 3).

На рис. 5 наведено показники ефективності управління операційних БП, дочірніх для тактичного процесу A1 «Маркетинг». Результати оцінювання свідчать про те, що найвища середня продуктивність праці персоналу компанії властива БП A1.3 «Підвищення впізнаваності бренду» (0,952), а найвища середня продуктивність капіталу – процесу A1.2 «Лідогенерація» (0,094). Аналіз граничних продуктивностей показав найвищий рівень граничної продуктивності праці (0,146) і капіталу (0,041) у БП A1.4 «Розробка контенту». Гранічна норма заміщення праці капіталом найвища для процесу A1.2 «Лідогенерація» (27,495 у.о.).

На рис. 6 наведено показники ефективності управління тактичних БП групи А. Порівнюючи показники ефективності процесів операційного рівня, бачимо, що найвища середня продуктивність праці та капіталу властива БП A4 «Реалізація проекту» (0,778 та 0,096). Найвищий рівень граничної продуктивності праці властивий процесу A3 «Перемовини» (0,216), а капіталу – БП A2 «Продажі» (0,032). Гранічна норма заміщення праці капіталом найвища для процесу A4 «Реалізація проекту» (54,751 у.о.).

Таблиця 3 – Показники ефективності БП, що мають дочірні БП

Позначення БП	<i>d</i>	<i>A(zp)</i>	<i>A(zm)</i>	<i>M(zp)</i>	<i>M(zm)</i>	<i>E(zp)</i>	<i>E(zm)</i>	R(zp → zm)
A1	0,806	0,672	0,073	0,102	0,025	0,172	0,419	15,104
A1.2	0,871	0,543	0,094	0,061	0,008	0,111	0,083	27,495
A1.2.3	0,836	0,553	0,063	0,059	0,005	0,102	0,071	34,135
A1.3	0,791	0,952	0,072	0,131	0,012	0,135	0,222	26,371
A1.4	0,790	0,413	0,085	0,146	0,041	0,354	0,479	4,643
A2	0,843	0,549	0,092	0,142	0,032	0,326	0,335	17,578
A2.1	0,810	0,462	0,100	0,049	0,060	0,107	0,604	0,886
A3	0,767	0,598	0,047	0,216	0,010	0,360	0,231	36,941
A4	0,863	0,778	0,096	0,117	0,013	0,149	0,168	54,751
A4.2	0,790	0,842	0,065	0,139	0,016	0,164	0,289	95,469

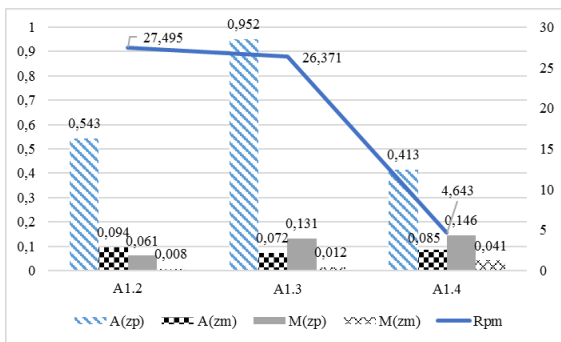


Рис. 5. Показники ефективності управління БП А1 «Маркетинг»

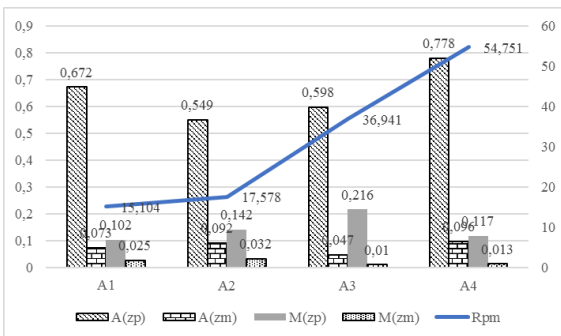


Рис. 6. Показники ефективності управління тактичних БП групи А

Розглянемо механізм оцінки синергетичного ефекту на прикладі операційного бізнес-процесу А1.2 «Лідогенерація» та його дочірніх БП А1.2.1 «Лідогенерація через електронну пошту компанії», А1.2.2 «Лідогенерація через конференції», А1.2.3 «Лідогенерація через сайт».

Вище для БП А1.2 «Лідогенерація» були отримані модельні (теоретичні або розрахункові) значення таких показників, як середня продуктивність ресурсів, гранична продуктивність ресурсів, еластичність результату за ресурсами та гранична норма заміщення ресурсів. Розглянемо показники середньої продуктивності ресурсів  $A^t(zp)_{12}$  та  $A^t(zm)_{12}$ .

Перелічені показники дозволяють отримати модельні (теоретичні або розрахункові) значення результуючого показника – ефективності бізнес-процесу А1.2 в *t*-й момент часу:

$$A^t(zp)_{12} = \frac{r_{12}^t}{zp_{12}}, r_{12}^t = A^t(zp)_{12} \cdot zp_{12},$$

$$A^t(zm)_{12} = \frac{r_{12}^t}{zm_{12}}, r_{12}^t = A^t(zm)_{12} \cdot zm_{12}.$$

Звідси визначимо розрахункову ефективність бізнес-процесу А1.2:

$$\hat{r}_{12}^t = [A^t(zp)_{12} \cdot zp_{12} + A^t(zm)_{12} \cdot zm_{12}]/2 (*)$$

З іншого боку, цей показник може бути визначений як сума ефективностей дочірніх БП:

$$\hat{r}_{12}^t = \hat{r}_{121}^t + \hat{r}_{122}^t + \hat{r}_{123}^t.$$

З урахуванням цього:

$$r_{12}^t = \sum_k r_{12k}^t + \theta^t(A_{12}^t) = \hat{r}_{121}^t + \hat{r}_{122}^t + \hat{r}_{123}^t + \theta^t(A_{12}^t) = \hat{r}_{12}^t + \theta^t(A_{12}^t).$$

Звідси отримаємо значення синергетичного ефекту:

$$\theta^t(A_{12}^t) = r_{12}^t - \hat{r}_{12}^t,$$

де  $r_{12}^t$  – фактичні (реальні) дані ефективності БП А1.2 «Лідогенерація».

З урахуванням формули (\*) матимемо наступний вираз для обчислення синергетичного ефекту:

$$\theta^t(A_{12}^t) = r_{12}^t - [A^t(zp)_{12} \cdot zp_{12} + A^t(zm)_{12} \cdot zm_{12}]/2.$$

Отримане співвідношення для синергетичного ефекту при усіх відомих параметрах може бути обчисленим, а також може бути використане для прогнозування синергетичного ефекту при будь-якому іншому варіанті використання наявних ресурсів.

**Висновки.** Запропонований алгоритм є досить універсальним та може використовуватися як складова частина системи стратегічного управління. На виході алгоритму отримаємо систему кількісних показників, які дозволяють провести ранжування бізнес-процесів за рівнем ефективності, визначити ступень впливу окремих складових бізнес-процесу на загальний показник ефективності, оцінити синергетичний ефект від реалізації дочірніх бізнес-процесів. Особливістю поточного варіанту алгоритму є використання виробничих функцій та апарату економетричного моделювання при побудові моделей взаємозв'язку показника ефективності та інших



показників бізнес-процесу. Вибір саме виробничих функцій обумовлений тим, що у якості останніх були розглянуті саме показники витрат на виконання активностей бізнес-процесу. У подальших дослідженнях планується розширити склад вхідної множини показників окремого бізнес-процесу та дослідити можливості використання моделей інших типів.

#### Список літератури

1. Barchart. URL: <https://www.barchart.com/>
2. The Global Industry Classification Standard (GICS). URL: <https://classification.codes/classifications/industry/gics/>
3. Орловський Д. Л. Бізнес-процеси підприємства: моделювання, аналіз, удосконалення : навч. посіб. : у 2-х ч. Ч. 1 : Моделювання бізнес-процесів: методи та засоби. Харків : НТУ «ХПІ», 2018. 336 с.
4. Козыр С.В., Слесарев В.В., Ус С.А., Хом'як Т.В. Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів. Дніпро: НТУ «ДП», 2022. 163 с.
5. Томашевський О. М., Цегелик Г. Г., Вітер М. Б., Дудук В. І. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів. Навч. посіб. К.: «Видавництво «Центр учбової літератури», 2012. 296 с.
6. Porter M. E., Millar V. E. How Information Gives You Competitive Advantage. *Harvard Business Review* July–August 1985. P. 149–160.
7. Hammer M., Champy J. *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. New York : Harper Business Essentials, 2003. 257 p.
8. Тендюк А.О., Стрижеус Л.В., Бондарович Ю.Ю. Методичні підходи до оцінки бізнес-процесів. *Економічні науки. Серія "Регіональна економіка"*. 2022. № 19(75). [https://doi.org/10.36910/2707-6296-2022-19\(75\)-29](https://doi.org/10.36910/2707-6296-2022-19(75)-29)
9. Карінцева, О. І., Харченко М. О., Пономарьова Г. С. Підвищення ефективності бізнес-процесів на виробничому підприємстві. *Механізм регулювання економіки*. 2020. № 4. С. 58–69. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2020.90.04>
10. Тігарева В.А., Станкевич І.В. Аналіз існуючих підходів та методів оцінювання бізнес-процесів підприємств та організацій. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2016. №3(98). Ч. 1. С. 113–122.
11. Коптева Г.М. Економічна безпека як критерій оцінки бізнес-процесів підприємства. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Економіка та підприємництво*. 2020. № 2 (113) С. 133–138. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-2-23>
12. Ковальчук Т.М., Вергун А.І. Організаційні засади аналізу бізнес-процесів. *Ефективна економіка*. 2023. № 12. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.12.9>
13. *Економетрика : навчальний посібник* / Л. С. Гур'янова, Т. С. Клебанова, О. А. Сергієнко та ін. Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 400 с.
2. The Global Industry Classification Standard (GICS). Available at: <https://classification.codes/classifications/industry/gics/>
3. Orlovskiy D. L. *Biznes-protsesy pidpriemstva: modeliuvannia, analiz, udoskonalennia : navch. posib. : u 2-kh ch. Ch. 1 : Modeliuvannia biznes-protsesiv: metody ta zasoby* [Business processes of the enterprise: modeling, analysis, improvement: training. manual : in 2 parts. Part 1: Modeling of business processes: methods and means.]. Kharkiv : NTU «KhPI», 2018. – 336 s.
4. Kozyr S.V., Slesariyev V.V., Us S.A., Khomiak T.V. *Modeliuvannia ta reinzhynirynh biznes-protsesiv* [Modeling and reengineering of business processes]. Dnipro: NTU «DP», 2022. 163 s.
5. Tomashevskiy O. M., Tsehelyk H. H., Viter M. B., Duduk V. I. *Informatsiini tehnologii ta modeliuvannia biznes-protsesiv. Navch. Posib* [Information technologies and modeling of business processes. Education manual]. K.: «Vydavnytstvo «Tsentri uchbovoi literatury», 2012. 296 s.
6. Porter M. E., Millar V. E. How Information Gives You Competitive Advantage. *Harvard Business Review* July–August 1985. P. 149–160.
7. Hammer M., Champy J. *Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution*. New York : Harper Business Essentials, 2003. 257 p.
8. Tendyuk A.O., Strizheus L.V.; Bondarovich Yu.Iu. Metodichni pidkhody do otsinky biznes-protsesiv [Methodical approaches to the assessment of business processes.]. *Ekonomiczni nauky. Seriya "Rehionalna ekonomika"* [Economic sciences. Series "Regional economy.]. 2022. № 19(75). [https://doi.org/10.36910/2707-6296-2022-19\(75\)-29](https://doi.org/10.36910/2707-6296-2022-19(75)-29)
9. Karintseva, O. I., Kharchenko M. O., Ponomarova H. S. Pidvyshchennia efektyvnosti biznes-protsesiv na vyrobnychomu pidpriemstvi [Increasing the efficiency of business processes at the production enterprise.]. *Mekhanizm rehuliuвання ekonomiky* [Mechanism of economic regulation.]. 2020. № 4. S. 58-69. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2020.90.04>
10. Tihariyeva V.A., Stankevych I.V. Analiz isnuuychykh pidkhodiv ta metodiv otsiniuvannia biznes-protsesiv pidpriemstv ta orhanizatsii [Analysis of existing approaches and methods of evaluating business processes of enterprises and organizations.]. *Visnyk Kremenchut'skoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohrad'skoho* [Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchug]. 2016. №3(98). Ch. 1. S. 113–122.
11. Koptieva H.M. Ekonomichna bezpeka yak kryterii otsinky biznes-protsesiv pidpriemstva [Economic security as a criterion for evaluating the enterprise's business processes.]. *Visnyk NTU «KhPI». Seriya: Ekonomika ta pidpriyemnytstvo* [Bulletin of NTU "KhPI". Series: Economy and entrepreneurship]. 2020. № 2 (113). S. 133–138. DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-2-23>
12. Kovalchuk T.M., Verhun A.I. Orhanizatsiini zasady analizu biznes-protsesiv [Organizational principles of business process analysis.]. *Efektivna ekonomika* [Efficient economy]. 2023. № 12. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.12.9>
13. *Ekonometryka : navchalnyi posibnyk* [Econometrics: a study guide] / L. S. Hurianova, T. S. Klebanova, O. A. Serhienko ta in. Kh. : KhNEU im. S. Kuznetsia, 2015. 400 s.

#### References (transliterated)

Надійшла (received) 26.02.2024

1. Barchart. Available at: <https://www.barchart.com/>

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Сергієнко Олена (Serhiienko Olena)** – доктор економічних наук, професор кафедри підприємництва, торгівлі і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Elena.Sergienko@khi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9796-9218>

**Чернова Наталя (Chernova Natalya)** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». тел. +380958287074, natcherchum@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0073-8457>

**Момотков Ігор (Momotkov Igor)** – аспірант кафедри підприємництва, торгівлі і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», e-mail: Ihor.Momotkov@emmb.khi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2288-7306>

**Гузь Осман (Huz Ostap)** – аспірант кафедри підприємництва, торгівлі і логістики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», e-mail: Ostap.Huz@emmb.khi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0007-5892>

*ЛБ. С. ЧЕРНОВА, І. А. ЖУРАВЕЛЬ*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБ'ЄДНАННЯ ЦЕНТРІВ КОМПЕТЕНЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВІ ТЕОРЕТИКО-ІГРОВОГО ПІДХОДУ**

Розглянуто впровадження інформаційних систем управління в компаніях і задачі, що вирішуються для їх супроводу. Вирішено, що для підвищення ефективності процесу супроводження є потреба у створенні центру або центрів компетенцій на стороні клієнта-замовника інформаційної системи управління. Показано, що в функціональній моделі управління системою з кількома керуючими центрами та одним керованим суб'єктом використана дворівнева ієрархія управління, що реалізує необхідні функції управління та націлена на мінімізацію витрат. На основі теоретико-ігрової моделі підтверджено синергетичну доцільність об'єднання зусиль центрів компетенції в управлінні певним об'єктом, який є учасником ієрархічної гри. Довільну систему з двома центрами компетенції досліджено як дворівневу ієрархічну гру. Проаналізовано умови антагонізму, рівноваги гри та підтверджено ефективність стратегій злиття або співробітництва центрів по управлінню гравцем в системі з розподіленим контролем. Зроблено висновок, що в управлінні складними континуальними системами, об'єднання центрів компетенції доводить свою ефективність в порівнянні з індивідуальним управлінням і полегшує регламентований процес впровадження інформаційних систем в компаніях.

**Ключові слова:** інформаційна система управління; центр компетенції; теоретико-ігровий підхід; ієрархічна гра; розподілений контроль.

*L. CHERNOVA, I. ZHURAVEL*

## **EFFICIENCY OF COMPETENCE CENTERS COMBINATION IN INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT BASED ON A GAME-THEORETIC APPROACH**

The implementation of information management systems in companies and the tasks to be solved for their support were considered. It was decided that in order to increase the efficiency of the support process, there is a need to create a center or centers of competences on the side of the client-customer of the information management system. It was shown that the functional model of a system management with several control centers and one managed entity uses a two-level management hierarchy that implements the necessary management functions and is aimed at minimizing costs. On the basis of the game-theoretic model, the synergistic expediency of combining the efforts of competence centers in the management of a certain object, which is a participant in a hierarchical game, has been confirmed. An arbitrary system with two centers of competence was studied as a two-level hierarchical game. The conditions of antagonism, equilibrium of the game were analyzed, and the effectiveness of strategies of merger or cooperation of player control centers in a system with distributed control was confirmed. It was concluded that in the management of complex continuous systems, the unification of competence centers proves its effectiveness in comparison with individual management and facilitates the regulated process of implementing information systems in companies.

**Keywords:** management information system; center of competence; game-theoretic approach; hierarchical game; distributed control.

**Вступ.** У період розвитку інформаційних технологій для підвищення ефективності управління підприємством впроваджують інформаційні системи (ІС) управління. Використання ІС приводить до ефективнішої роботи організації, і при цьому, існує низка чинників, які впливають на отримання вигоди від застосування. Помилково вважати, що, успішно запустивши нову ІС, ми завершуємо етап впровадження програмного продукту. Насправді це лише перший і дуже важливий крок до ефективного управління підприємством.

Супровід ІС складається з двох великих та різнопланових задач.

Перша задача – експлуатація інформаційної системи. Вирішення цієї задачі починається з установки прикладного програмного забезпечення (ПЗ) у певному програмно-апаратному оточенні та налаштуванням ПЗ відповідно до документації розробника таким чином, щоб забезпечити максимальну надійність й продуктивність роботи програми.

Друга задача – внесення змін до інформаційної системи. Зміни можуть включати доналаштування ПЗ, що тиражується, або доопрацювання замовленого ПЗ. І доналаштування і доопрацювання, як правило, вимагають залучення консультантів з бізнес-процесів, а також програмістів, які мають необхідні

компетенції. Зазвичай, у договір із супроводу інформаційної системи входять і перша, і друга задачі. При цьому договір укладається з одним виконавцем – розробником ПЗ або компанією, яка впроваджує інформаційну систему. У такому об'єднанні задач є серйозний недолік: розробник або організація, що впроваджують, вирішуючи в обмежені терміни завдання щодо внесення змін до ПЗ, можуть поставити в експлуатацію сиру, недотестовану версію ПЗ, яка містить помилки. Замовник страждає, коли версія програми з доопрацюванням або зміненими налаштуваннями не працює належним чином і співробітники замовника не можуть виконувати свою роботу. Виконавець, зацікавлений здати доопрацьоване ПЗ, намагається виправити ситуацію і доопрацьовує по ходу робіт, але це призводить до простой та витрат.

У зв'язку з цим для ефективного супроводу слід впроваджувати центр компетенції на стороні клієнта. Так, при встановленні партнерських відносин між двома компаніями, одна з яких є постачальником програмного забезпечення, а друга надає послуги з впровадження цього програмного забезпечення, для диференціації партнерів компанія постачальник ПЗ надає найбільш компетентним партнерам статус Центру компетенції. Що входить до функціональної моделі Центру компетенції? Вже з семантики назви

© Лб. С. Чернова, І. А. Журавель, 2024

моделі впливає, що це має бути організаційна форма, яка забезпечує компетенцію (необхідний рівень знань та можливостей) у заданій галузі.

Існує концепція матричного управління, яка дозволяє керувати не тільки проектами, а й продуктами, і була взята на озброєння як ІТ-організаціями, так і організаціями, успіх яких високо залежить від ІТ. Матричні організації складаються з крос-функціональних команд проектів (або команд потоків цінності), до яких входять фахівці різних профілів: дизайнерів, маркетологів, архітекторів, аналітиків, проєктувальників, розробників, тестувальників, фахівців з впровадження та розгортання, співробітників супроводу та моніторингу, спеціалістів контакт-центрів, акаунт-менеджерів, юристів, спеціалістів з інформаційної безпеки для того, щоб організація швидше адаптувалася до змін.

Центрами компетенцій у цій структурі прийнято називати її функціональну частину, наприклад центр компетенцій архітектури, центр компетенцій маркетингу або центр компетенцій з управління проектами.

Теоретично кожен із центрів компетенцій постачає в крос-функціональні команди правильних співробітників, після чого крос-функціональні команди самостійно досягають результату.

І з цього приводу в теорії можна розглянути об'єднання таких команд або центрів компетенцій для досягнення синергетичного ефекту (об'єднання в єдиний життєвий цикл: наприклад, інформаційної та ресурсної частин) проєкту на підприємстві з метою підвищення ефективності його впровадження. Іншими словами, об'єднання центрів для управління об'єктом є ефективнішим, ніж управління індивідуальне, тобто ціле є більшим, ніж сума його складових:  $1 + 1 > 2$ .

Синергетичну доцільність об'єднання зусиль центрів компетенції в управлінні певним об'єктом, який є учасником ієрархічної гри підтверджуємо на прикладі теоретико-ігрової моделі дворівневої ієрархічної гри з розподіленим контролем.

**Мета роботи.** На основі теоретико-ігровою підходу, який моделює ситуацію взаємодії двох центрів компетенції по управлінню спільним об'єктом (гравцем) розробити теоретико-ігрову модель системи з двома центрами компетенції по управлінню певним об'єктом.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо задачу розподіленого контролю у теоретико-ігровій постановці. Нехай маємо дворівневу систему  $U$ , яка, на верхньому рівні ієрархії, складається з двох центрів компетенції  $C_1$ ,  $C_2$ , дії яких направлені на об'єкт контролю, гравця  $A$ . Ієрархічна гра містить трьох учасників:  $U = G = \{C_1, C_2, A\}$ . (Рис. 1)

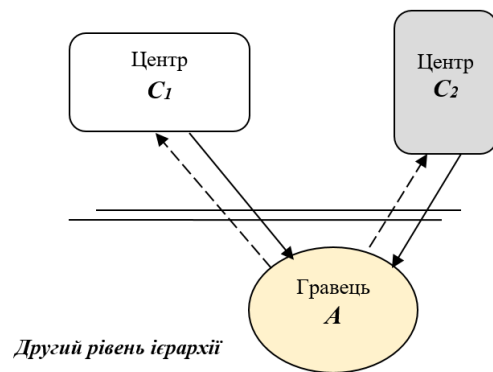


Рис. 1 – Дворівнева система з двома центрами

Інтерпретуємо систему  $U$  як гру, в яку залучено три гравця –  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $A$ . Вектори дій центрів спрямовані на спільний об'єкт управління – гравця  $A$ . Для кожного гравця системи  $U$  введемо множини можливих стратегій поведінки:

$$X_{C_1} = \{x_1^{C_1}, x_2^{C_1}, \dots, x_l^{C_1}\},$$

$$X_{C_2} = \{x_1^{C_2}, x_2^{C_2}, \dots, x_m^{C_2}\},$$

$$X_A = \{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}.$$

Сукупність обраних стратегій позначаємо:

$$x = \{x_i^{C_1}, x_j^{C_2}, x_k^A\} = \{x_1, x_2, x_3\},$$

$$x \in X_{C_1} \otimes X_{C_2} \otimes X_A.$$

Для кожного з гравців означимо свою цільову функцію:

$$W_{C_1} = W_{C_1}(x) - \text{цільова функція центру } C_1,$$

$$W_{C_2} = W_{C_2}(x) - \text{цільова функція центру } C_2,$$

$$W_A = W_A(x) - \text{цільова функція гравця } A.$$

Кожному розв'язку  $x$  цільові функції ставлять у відповідність дійсне число – виграш:

$$W(x): x \mapsto R.$$

Нормальна форма ієрархічної гри  $G$  [3,4], яка інтерпретує управління системою  $U$ , представляє набір:

$$G = \{C_1, C_2, A, X_{C_1}, X_{C_2}, X_A, W_{C_1}, W_{C_2}, W_A\}.$$

Для розглянутою матричної структури управління гравець  $A$  може бути підкореним діям декількох центрів. Системи  $U$ , в яких реалізована така модель управління, прийнято називати, системою з розподіленим контролем.

Характерною рисою систем з розподіленим контролем є гра центрів, в якій стан рівноваги залежить від управляючої дії центрів на гравця  $A$ , при чому вона може бути як індивідуальною, так і спільною.

Гра центрів  $C_1$  та  $C_2$  полягає у виборі функцій стимулювання гравця  $A$ , які в свою чергу залежні від його стратегії поведінки. Нехай функціонали цільових функцій центрів мають вигляд:

$$W_{C_1}(S(x), x) = P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x),$$

$$W_{C_2}(S(x), x) = P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x),$$

де  $P_{C_1}(x)$  – прибуток  $C_1$  від дій гравця  $A$ ,

$P_{C_2}(x)$  – прибуток  $C_2$  від дій гравця  $A$ ,

$S_{C_1}(x)$  – винагорода(стимулювання) гравця  $A$  від центра  $C_1$ ,

$S_{C_2}(x)$  – винагорода гравця  $A$  від центра  $C_2$ ,

$S(x) = \{S_{C_1}(x), S_{C_2}(x)\}$  – вектор-функція винагород.

Цільова функція гравця  $A$ :

$$W_A(S(x), x) = S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x),$$

де  $C(x)$  – витрати гравця  $A$  в результаті обраної стратегії поведінки. Цільова функція гравця  $A$  складається з суми винагород від центрів без власних витрат.

В залежності від вектору стимулювань  $S(x)$  гравця  $A$  буде обирати таку стратегію поведінки  $x \in X^A$ , яка гарантовано максимізує його цільову функцію - принцип раціональної поведінки гравця  $A$ :

$$\sup W_A = \operatorname{Arg} \max_{x \in X^A} (S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x)).$$

У центрів виникає задача вибору компонент вектор-функції стимулювання. Кожний центр може обрати власну стратегію поведінки в управлінні гравця  $A$ . В залежності від того, що запропоновано центрами, гравець  $A$  буде обирати стратегію, яка гарантовано максимізує його виграш. Якщо один з центрів обирає індивідуальну стратегію поведінки, то гравцю  $A$  не обов'язково її виконувати, оскільки другий центр може запропонувати більшу винагороду та вимагати виконання іншого. Система  $U$  втрачає рівновагу і центри залучаються до пошуку стану рівноваги. Рівноваги можливо добитися підбором функцій стимулювання та прогнозом можливих реакцій гравця  $A$ .

З класичного теоретико-ігрового підходу прийнято розрізняти: [6,7]

- стан рівноваги по Нешу, але неефективний по Парето;

- стан рівноваги по Нешу і ефективний по Парето.

Останній є ідеальним становищем системи, хоча і не завжди забезпечується. Звісно, що в системах з розподіленим контролем множина рівноваг по Нешу  $\Omega_N$  перетинається з множиною Парето-ефективних розв'язків  $\Omega_P$ . Це дозволяє з множини рівноваг по Нешу обрати такі, які є ефективними по Парето [5,6]. Існує клас функцій винагород центрів, який гарантує ефективну рівновагу системи. Такими функція стимулювання є функції вигляду:

$$S_{C_1}(x, x^*) = \begin{cases} \lambda_1, & x = x^*, \\ 0, & x \neq x^* \end{cases},$$

$$S_{C_2}(x, x^*) = \begin{cases} \lambda_2, & x = x^*, \\ 0, & x \neq x^* \end{cases}.$$

З практичної точки зору такі функції забезпечують існування такої стратегії  $x^* \in X_A$  гравця

$A$ , яку називають плановою стратегією, або просто планом, відносно якою центри домовляються виплачувати винагороди. Інакше: гравець  $A$  обирає план  $x^*$ , тоді перший центр виплачує йому винагороду  $\lambda_1$ , а другий  $\lambda_2$ . У випадку, якщо гравець  $A$  обирає іншу стратегію  $x \neq x^*$ , то він не отримає винагороди. Ієрархічна гра у складі двох центрів та гравця  $A$ , сутність розв'язку якої полягала у виборі вектор-функції стимулювання  $S(x)$ , завдяки такому підходу зводиться до вибору стратегії поведінки гравця  $A$   $x^* \in X_A$  та винагород центрів  $\lambda_1 = S_{C_1}(x^*)$ ,  $\lambda_2 = S_{C_2}(x^*)$ . Принцип раціональної поведінки гравця  $A$  накладає умову невід'ємності значень його цільової функції:

$$W_A(x^*, x) \geq 0.$$

Оскільки

$$W_A(x) = S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x),$$

то маємо:

$$S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) \geq C(x).$$

Для стратегії  $x = x^*$ :

$$\lambda_1 + \lambda_2 \geq C(x^*)$$

- сумарне стимулювання, обраної стратегії поведінки гравця  $A$  не менше ніж його власні витрати на цю дію.

З іншої сторони, вимога Парето-ефективності з точки зору центрів, це такі суми винагород, які неможливо зменшити не змінивши стратегію поведінки гравця  $A$ . Це означає, що сума винагород центрів рівна затратам гравця  $A$ :

$$\lambda_1 + \lambda_2 = C(x^*).$$

Знаходимо умови рівноваги гри, тобто такі умови, для яких центри домовляються про те, чого вони хочуть добитися від гравця  $A$ . Введемо критеріальні величини:

$$\omega_1 = \max_{x \in X^A} (P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x)),$$

$$\omega_2 = \max_{x \in X^A} (P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x)).$$

У разі індивідуальних дій центрів та використанні системи стимулювання прибутки їх будуть складати  $\omega_1$  та  $\omega_2$ . Умова того, щоб центрам було вигідно співпрацювати в управлінні гравцем  $A$ , має вигляд:

$$P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x) \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x) \geq \omega_2.$$

Для стратегії  $x = x^*$ :

$$P_{C_1}(x^*) - \lambda_1 \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x^*) - \lambda_2 \geq \omega_2$$

- для реалізації співробітництва центрів необхідно щоб їх прибутки були не менше ніж у разі індивідуальних дій. Більше того, необхідно також виконання умови – сума винагород гравця  $A$  рівна його затратам  $\lambda_1 + \lambda_2 = C(x^*)$ . Множину  $K$  дій

гравця  $A$  та векторів компенсацій при таких умовах називають множиною компромісних рішень. Аналітична форма множини  $K$  має вигляд:

$$K = \{x \in X | \lambda_1 + \lambda_2 = C(x), P_{C_1}(x) - \lambda_1 \geq \omega_1, P_{C_2}(x) - \lambda_2 \geq \omega_2\}$$

Обирання певної точки множини компромісу означає для центрів початок стадії співпраці або об'єднання, результатом якого є вибір вектора дій по управлінню гравцем  $A$  та об'ємів стимулювання. Якщо компромісна множина порожня  $K = \emptyset$ , виникає ситуація конкуренції центрів. Виграти в грі буде той центр, який діє більш ефективно – більше платить гравцю  $A$ . Антагонізм гри в такій ситуації підкреслює відсутність рівноваги системи за Нешом. Учасники системи  $U$  почнуть знаходити стан рівноваги. Отримаємо аналітичні умови співпраці центрів, які як показано вище є ефективним станом рівноваги системи.

Введемо величину максимуму сумарного прибутку центрів:

$$\omega_{\Sigma} = \max_{x \in X^A} (P_{C_1}(x) + P_{C_2}(x) - S_{C_1}(x)),$$

оскільки

$$\lambda_1 + \lambda_2 = C(x),$$

$$P_{C_1}(x) - \lambda_1 \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x) - \lambda_2 \geq \omega_2,$$

то маємо, що ситуація об'єднання центрів можлива тільки при умові, що множина компромісу не порожня.

Умова  $K \neq \emptyset$  можлива тільки тоді, коли сума індивідуальних вигравів центрів  $\omega_1$  та  $\omega_2$  від стратегій поведінки поодиночці не більше, ніж сумарний прибуток їх при умові об'єднання:

$$K \neq \emptyset \Leftrightarrow \omega_1 + \omega_2 \leq \omega_{\Sigma}.$$

Іншими словами: об'єднання або злиття центрів в єдиний центр в управлінні гравцем  $A$  ефективніше ніж управління індивідуальне – ціле більше ніж сума його складових – « $1 + 1 > 2$ ». Спостерігається синергетичний ефект.

Останнє може бути інтерпретовано як підтвердження доцільності злиття двох центрів за умови втрати їх ефективності управління гравцем  $A$  кожним центром окремо.

**Обговорення результатів.** Розглянуто континуальну систему як метагру. Гра інтерпретується як ієрархічна дворівнева гра. Учасники системи є гравцями, які мають власний набір стратегій поведінки. Центри управління гравцем здійснюють хід першими. Гравець здійснює свій хід другим, за умови раціональної поведінки – максимізації значення цільової функції. Поведінка учасників гри відповідає концепції рівноваги за Нешом, яка формує область компромісних рішень.

Напрямами перспективного подальшого дослідження слід вважати:

- розробку теоретико-ігрових моделей багаторівневих систем та системи з багатьма центрами.

- розробка оптимізаційних схем, які забезпечують механізм виключення деяких центрів з управління гравцем, наприклад, на підставі того, що вони не забезпечують критерій рівноваги в системі.

**Висновки.** У статті було розроблено теоретико-ігрову модель системи з двома центрами компетенції по управлінню певним об'єктом.

У переважній більшості випадків в управлінні складними континуальними системами, центри компетентності приймають рішення і тільки після цього доводять його ефективність. Важливе практичне та теоретичне значення має обґрунтування такого рішення на базі використання сучасних математичних методів в теорії ієрархічних ігор.

На цей час залишаються актуальними напрямки формулювання та дослідження математичних моделей, типових механізмів та процедур прийняття рішень по ефективному управлінню центрами своїх об'єктів впливу.

#### Список літератури

1. Michael Doane. *The SAP Green Book A Business Guide for Effectively Managing the SAP Lifecycle*: SAP PRESS, 2012. 323 p.
2. Myerson R.B. *Game theory: analysis of conflict*. London: Harvard Univ. Press. 2001. 4th printing. 568 p.
3. Johnson P., Johansson E., Somestad T. & Ullberg J. A tool or enterprise architecture analysis. In Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2007. EDOC 2007. *11th IEEE International*, pp. 142-143.
4. Nisan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirani V.V. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press, New York, NY, USA. 2007. 776p.
5. Нейман Д., Моргенштерн О. *Теорія ігор та економічна поведінка*. Наука, 1970. 708 с.
6. Інтрилігатор М. *Математичні методи оптимізації і економічна теорія*. Айріс-прес, 2002. 606 с.
7. Гермейер Ю.Б. *Ігри з непротивляжними інтересами*: серія «Оптимізація та дослідження операцій». 2016. 328 с.
8. Морозов В.В. *Основи теорії ігор*. Видавництво МДУ, 2002. 275 с.
9. Persson T., Tabellini G. *Political Economics: Explaining Economic Policy*. Cambridge, MA: MIT Press. 2000. 533 p.
10. McKelvey R. Game forms for Nash implementation of general social choice correspondences. *Social Choice and Welfare*. 2009. №6. P. 139 - 156.
11. Nicholson D., Sandier T. Intertemporal incentive allocation in simple hierarchies. *Mathematical Social Sciences*. 2004. Vol. 7. №1. P. 33 - 57.
12. Grigorian, T.G., Titov, S.D., Gayda, A.Y., Koshkin, V.K. A general game-theoretic approach to harmonization the values of project stakeholders. 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer.
13. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Chernova, L., Trushliakova, A. The Behavior Antagonism in the IT Project Management. *SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, Proceedings, 2023, pp. 114-119.

#### References (transliterated)

1. Michael Doane. *The SAP Green Book A Business Guide for Effectively Managing the SAP Lifecycle*: SAP PRESS, 2012. 323 p.
2. Myerson R.B. *Game theory: analysis of conflict*. London: Harvard Univ. Press. 2001. 4th printing. 568 p.
3. Johnson P., Johansson E., Somestad T. & Ullberg J. A tool or enterprise architecture analysis. In Enterprise Distributed Object

- Computing Conference, 2007. EDOC 2007. 11th IEEE International, pp. 142-143.
4. Nisan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirani V.V. Algorithmic Game Theory. Cambridge University Press, New York, NY, USA. 2007. 776p.
  5. Nejman D., Morgenshtern O. *Teorija igor ta ekonomichna povedinka* [Game theory and economic behavior]. Nauka, 1970. 708 p.
  6. Intriligator M. *Matematichni metodi optimizacii i ekonomichna teorija* [Mathematical optimization methods and economic theory]. Ajris-press, 2002. 606 s. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. Available at: <http://sae.gov.ua> (accessed 03.12.2019).
  7. Germejer Ju.B. *Igri z neprotilezhnimi interesami. serija «Optimizacija ta doslidzhennja operacij»* [Games with Non-Conflicting Interests: Optimization and Operations Research Series]. 2016. 328 p.
  8. Morozov V.V. *Osnovi teorii igor* [Basics of game theory.]. Vidavnistvo MDU, 2002. 275 p.
  9. Persson T., Tabellini G. *Political Economics: Explaining Economic Policy*. Cambridge, MA: MIT Press. 2000. 533 p.
  10. McKelvey R. Game forms for Nash implementation of general social choice correspondences. *Social Choice and Welfare*. 2009. №6. P. 139 - 156.
  11. Nicholson D., Sandier T. Intertemporal incentive allocation in simple hierarchies. *Mathematical Social Sciences*. 2004. Vol. 7. №1. P. 33 - 57.
  12. Grigorian, T.G., Titov, S.D., Gayda, A.Y., Koshkin, V.K. A general game-theoretic approach to harmonization the values of project stakeholders. 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer.
  13. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Chernova, L., Trushliakova, A. The Behavior Antagonism in the IT Project Management. *SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, Proceedings, 2023, pp. 114–119.

Надійшла (received) 15.02.2024

#### *Відомості про авторів (About authors)*

**Чернова Любава Сергіївна (Chernova Liubava)** – доктор технічних наук, доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій; м. Миколаїв, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5191-0272>; e-mail: 19chls92@gmail.com.

**Журавель Ірина Анатоліївна (Zhuravel Iryna)** – Ph. D., кафедра управління проектами, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова; м. Миколаїв, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3747-4387>; e-mail: iagurav@gmail.com.

*Є. П. ГОМОЗОВ, В. І. МАЦ*

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ІТ БІЗНЕСІВ

Сучасний світ є світом майже неперервних різноманітних катастроф. Загальне поняття ризиків тісно пов'язано з такими катастрофами природного, техногенного, інформаційного та фінансового характеру. Визначення ризиків сильно відрізняється у фахівців різних галузей. Тому актуальним є формування загальних підходів до описання вказаних явищ в загальних термінах, таких підходів, які могли би привести до побудови математичних моделей аналізу та управління ризиками, спроможних працювати в режимі реального часу. Взагалі кажучи, саме фондові та фінансові ринки миттєво реагують на різноманітні зміни навколишнього середовища стандартним чином. Такою стандартною реакцією є різка зміна курсів фінансових активів та обвали фондових ринків. В роботі було проаналізовано класичні підходи щодо визначення та математичного моделювання якісного і кількісного аналізу як ризиків конкретної компанії, так і фондового ринку в цілому. Також надано огляд існуючих на сьогоднішній день моделей визначення і обчислення ризиків фондових ринків. Гіпотези, які лежать в основі цих моделей, тісно пов'язані з ймовірнісними підходами. Ринки вважаються стаціонарними, а моделі лінійними та квадратичними. Однак, завдяки складному устрою сучасного вже глобального світового фондового ринку, ці моделі вже не працюють. Більш-менш адекватні прогнози зазвичай потребують великої кількості спостережень, погано працюють в околі біфуркацій і не мають комп'ютерної реалізації, яка мала б змогу робити прогнози у режимі реального часу. Найбільш швидко змінюються ринки ІТ-бізнесів. В роботі зроблено перший крок у побудові «синтетичної» моделі динамічного обчислення і управління ризиками ІТ-бізнесів.

**Ключові слова:** p-адичні моделі, фондові ринки, аналіз і управління ризиками фондових ринків, моделі у вигляді рівнянь у дробових похідних, динамічне управління ризиками ІТ-бізнесів.

*Y. P. GOMOZOV, V. I. MATS*

## MATHEMATICAL MODELS OF IT BUSINESS RISKS ASSESSMENT

The modern world is a world of almost continuous various disasters. The general concept of risks is closely related to such disasters of a natural, man-made, informational and financial nature. The definition of risks differs greatly among specialists in different industries. Therefore, the formation of general approaches to the description of the indicated phenomena in general terms is relevant. Such general approaches that could lead to the construction of mathematical models of risk analysis and management capable of working in real time. Generally speaking, it is stock and financial markets that instantly react to various environmental changes in a standard way. Such a standard reaction is a sharp change in the rates of financial assets and the collapse of stock markets. Therefore, the authors consider it expedient to start the work with the analysis of the risks of companies and stock markets. The paper analyzed classical approaches to the definition and mathematical modeling of qualitative and quantitative analysis of both the risks of a specific company and the stock market as a whole. An overview of currently existing models for determining and calculating the risks of stock markets is also provided. The hypotheses underlying these models are closely related to probabilistic approaches. Markets are assumed to be stationary and models are assumed to be linear and quadratic. However, due to the complex structure of the current global stock market, these models no longer work. More or less adequate forecasts usually require a large number of observations, work poorly around bifurcations, and do not have a computer implementation that would be able to make forecasts in real time. IT-business markets are changing the fastest, so it was very important to start analyzing the risks of such markets. The work takes the first step in building a "synthetic" model of dynamic calculation and risk management of IT-businesses.

**Keywords:** p-adic models, stock markets, analysis and risk management of stock markets, models in the form of equations in fractional derivatives, dynamic risk management of IT-businesses.

**Вступ.** За останній час можна побачити лавинне зростання різноманітних катастроф фінансового характеру (дивись, наприклад, [1]). Ринки ІТ-бізнесів – найбільш сучасні і динамічні, мають високу волатильність. Крім того, вже активно функціонують фінансові ринки ІТ грошей. Тому автори вважають актуальною тему даної статті.

Поведінка фінансових і фондових ринків є фактично реакцією у режимі реального часу на різноманітні прогнозні та реальні події. Зазначимо, що для фінансових ринків поняття динамічного ризику включає можливість як втрат, так і додаткового прибутку. Зараз існує багато моделей кількісної оцінки фінансових ризиків. Тому нам здається доцільним подивитися на класичні і сучасні моделі кількісної оцінки ризиків фінансових та фондових ринків з точки зору підходів до математичного апарату, за допомогою якого побудована та чи інша модель. Зокрема, в основі побудови всіх цих моделей лежить гіпотеза щодо поведінки "типового інвестора". Якщо така модель є загально відомою, ми не будемо давати посилання на літературу про конкретні моделі

кількісної оцінки ризиків, які і досі використовуються в практиці фінансових аналітиків.

В роботі ми будемо опиратися на ідеологію, підходи та методи економіфізики — науки, що застосовує методологію фізики для аналізу економічних даних. В сучасному розумінні економіфізика це поєднання досягнень у природничих та технічних науках, математиці, інформаційних технологіях, аналізу великих даних щодо вивчення складних систем різної природи, які проявляють універсальні властивості.

Сам зміст терміну "ризик" традиційно розуміється різними фахівцями неоднозначно. Крім того, у різних галузях використовують різноманітні якісні та кількісні оцінки ризиків.

З точки зору застосування математичних моделей в теорії прийняття рішень:

- коли є коректна можливість застосування моделей та методів теорії ймовірностей та математичної статистики для визначення оптимальних рішень – кажуть, що рішення приймається в умовах ризику;

- коли є коректна можливість застосування моделей та методів різноманітних критеріїв оптимальності та теорії ігор для визначення оптимальних рішень - кажуть, що рішення приймається в умовах невизначеності (тобто коли повністю відсутня інформація про ймовірність станів середовища);

- коли є коректна можливість застосування моделей та методів теорії розмитих множин (fuzzy sets) для визначення оптимальних рішень - кажуть, що рішення приймається в умовах нечіткості.

Однак взагалі під аналізом ризиків звичайно розуміють всі якісні та кількісні методи визначення вразливостей та загроз в умовах недетермінованості та можливість застосування попередніх заходів безпеки.

**Короткий опис класичних досі існуючих підходів і моделей оцінки ризиків на фондових ринках.** Щодо ризиків, пов'язаних з функціонуванням фондових ринків, фінансові аналітики досі використовуються такі класичні моделі обчислення в рамках кількісних оцінок ризиків:

У задачах оцінки індивідуальних бізнесів з поточною вартістю активів, що повільно змінюється, склалися певні методи аналізу, розрахунку та управління ризиками. Всі ці методи базуються на різних процедурах класифікації ризиків та їх експертному прогнозуванні, що призводять до моделей кумулятивної побудови індивідуалізованої для цієї компанії ставки дисконту як лінійної функції ризиків.

Зараз у США в пенсійних і страхових фондах в якості універсальної міри ризику використовується більш нова VaR-методологія (VaR-Value-at-Risk), запропонована у середині 1990-х років.

Зрозуміло, що класичні лінійні моделі та моделі і методи теорії ймовірностей та математичної статистики вже не є в сучасному світі у багатьох випадках адекватним математичним апаратом. Єдино, що має сенс з класичних підходів – це виділення так званих систематичних і несистематичних ризиків. Систематичні ризики – це ризики ринку в цілому, несистематичні ризики – це ризики конкретної фірми.

Фрактальна модель ринку (FMH) створювалася як альтернатива EMH. Ця гіпотеза надає особливого значення впливу інформації та інвестиційним горизонтам у поведінці інвесторів. Передбачається, що люди не визнають трендів і не реагують на них до тих пір, поки ці тренди добре не встановляться і інвестори приймають те рішення, яке обумовлено накопиченою, але до цього ігнорованою інформацією.

Взагалі відомі моделі кількісної оцінки ризиків пов'язані або з конкретною моделлю оцінки інвестицій, або процедурами оптимізації конкретних моделей портфельного аналізу.

**Короткий опис сучасних підходів до оцінки ризиків на фондових ринках.** Як відомо, завжди існували проблеми в прогнозуванні біфуркацій курсів цінних паперів (довжина флетів і трендів, точок

перелому трендів, «мильних бульбашок», обвалів ринку).

Математичні моделі прогнозування так званого загального «обвалу ринку» досліджено в [2]. З теорії динамічних систем випливає, що мережа сучасних фондових ринків, що функціонує в режимі реального часу, повинна включати в себе області хаосу. І справді, за останні двадцять років у різних країнах прокотилася ціла серія фінансових катастроф «нового типу», наприклад, крах біржі FTX у 2022 році та її наслідки (наприклад, [3]).

Для опису такого роду явищ адекватним математичним апаратом є методи теорії хаотичної динаміки та теорії біфуркацій, що дозволяє будувати адекватні динамічні моделі, які мають біфуркації циклів та стохастичні режими.

Із цих теорій також випливає, що майже будь-який процес із вартістю активів, що швидко змінюється в режимі реального часу, є К-системою і має область хаосу (що і спостерігається в даний час на практиці, наприклад, [4]).

Для аналізу фінансових та фондових ринків стали використовувати також методи р-одичного аналізу, бо ціни активів завжди виражаються раціональними числами (наприклад, [5]). Між іншим, зазначимо, що зараз не існує прийнятної р-одичної теорії ймовірностей.

Для обчислення ризиків використовуються методи системного аналізу (наприклад, [6, 7]), нечітких множин (наприклад, [8]) та нейронних мереж (наприклад, [9]).

У свою чергу ринки ІТ-бізнесів є структурно нестійкими. Ці нестійкі ринки включені як вузли в мережу світової " нової економіки", що функціонує в режимі реального часу. ІТ-бізнеси додатково характеризуються наявністю нової категорії ризиків, які можна назвати "інформаційно-поведінковими", і особливою цінністю динаміки зростання частки ринку, що росте.

**Постановка задачі.** На основі підходів економіки запропонувати нові математичні моделі динамічного управління аналізом ризиків, як деякої загальної оцінки нестабільності.

**Короткий аналіз можливих підходів і математичних моделей оцінки ризиків на фондових ринках.** Взагалі часові ряди дохідностей не є нормально розподіленими. Для цього випадку вже давно є класикою так званий R/S аналіз. В рамках цього аналізу можна відрізнити різні типи поведінки часових рядів, в тому числі виявляти їх фрактальну структуру. Тобто, можлива перевірка гіпотези фрактального ринку. Якщо вона виконана, відповідні часові фінансові ряди мають так звану «псевдо пам'ять».

Мірою несистематичної компоненти ризику у цьому випадку доречно вважати величину показника Херста  $H$  часового ряду дохідностей від діяльності фірми, що спостерігаються.



Величину показника Херста в залежності від розміру вибірки  $n$  можна визначити за класичною формулою [10]:

$$(R/S)_n = Cn^H \quad (1)$$

де  $n$  – розмір вибірки,  $R$  – розмах накопичених відхилень середнього ковзного,  $S$  – стандартне відхилення від середнього ковзного,  $C$  – константа. Часовий ряд, для якого має місце формула (1), має назву ряду Херста, або ряду фрактальної дифузії. Алгоритм обчислення показника Херста  $H$  наведено у [10]. Досить нескладно адаптувати цей алгоритм до методу  $p$ -одичного аналізу, але в рамках  $p$ -одичного підходу це немає сенсу, бо не існує відповідної теорії ймовірностей, але виражений  $p$ -одичним числом показник Херста можливо використовувати у випадку фрактальності відповідного ряду.

Ризик конкретного ІТ-бізнесу обчислюється по часовому ряду курсу акцій ІТ-бізнесу; ризик «обвалу ІТ-ринку» обчислюється по часовому ряду відповідних фондових індексів.

Якщо показник Херста  $H \in (0,5;1]$  і відрізняється від очікуваного значення на два і більше стандартних відхилень, процес антиперсистентний. Тобто, цей процес досить швидко змінюється, але без обвалів курсу. Таким чином поведуться, як правило, курси акцій так званих «блакитних фішок» у періоди спокою.

Якщо показник Херста  $H \in [0, 0,5)$  і відрізняється від очікуваного значення на два і більше стандартних відхилень, процес має довготривалу пам'ять. Тобто, цей процес персистентний. Таким чином поведуться, як правило, курси акцій не таких знаних та великих компаній у періоди спокою, а також курси акцій «блакитних фішок» у періоди коливання ринку. Така поведінка, як правило, притаманна і курсу акцій досить великого ІТ-бізнесу.

Якщо показник Херста  $H = 0,5$  і відрізняється від очікуваного значення менше ніж на два стандартних відхилення, процес випадковий, класичний технічний аналіз не варто застосовувати. Таку поведінку можна побачити на порозі сильного коливання ринку.

Таким чином, значення показника Херста  $H = 0,5$  є біфуркаційним в тому сенсі, що при переході через це значення змінюється тип часового ряду.

Оскільки чисельні методи завжди мають похибку, в околі цього значення треба проводити додаткові дослідження за допомогою модифікованих алгоритмів з [9].

З погляду теорії інформації, поняття ризику визначаються повнотою та достовірністю використовуваної інформації. Таким чином, у рамках цього підходу, природною мірою ризику є ентропія.

Ентропія Шеннона  $H_S$  ряду курсів ІТ-бізнесів може бути обчислена за стандартною формулою:

$$H_S = \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (2)$$

де в формулі (2)  $n$  – розмір вибірки,  $p_i$  – є ймовірність появи відповідного значення часового ряду за номером  $i$ .

Ентропія Колмогорова-Сіная  $H_K$  визначає швидкість втрати динамічною системою інформації, тому для цілей портфельного інвестування в ІТ-бізнеси можливо її застосування в якості значення систематичного ризику фондового індексу NASDAQ.

Для дискретних траєкторій часових рядів ентропія Колмогорова – Сіная може бути обчисленою так:

$$H_K = - \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \lim_{n \rightarrow \infty} (1/n) \sum_{i_0 \dots i_n} p_{i_0 \dots i_n} \ln p_{i_0 \dots i_n} \quad (3)$$

де у формулі (3) береться повне покриття вибірки розміром  $n$  часових рядів курсу акцій ІТ-бізнесу у портфелі осередками зі стороною  $\epsilon$ ;  $p_{i_0 \dots i_n}$  – ймовірність того, що в момент часу  $t_0$  член ряду знаходився в осередді з номером  $i_0$  і так далі.

Для цілей портфельного інвестування в ІТ-бізнесі також можливо використовувати динамічну модель оцінки загального ризику за допомогою ентропії Колмогорова-Сіная без розподілу на систематичну і несистематичну компоненти. У рамках  $p$ -одичного підходу у розрахунку за формулою (3) немає сенсу, бо немає відповідної теорії ймовірностей. Натомість можливо використовувати його значення, виражене  $p$ -одичним числом у випадку фрактальності відповідного ряду.

**Математична модель.** Сучасні фондові ринки ІТ-бізнесу вочевидь мають немарківську динаміку. Тому, на наш погляд, при оцінці ризиків варто об'єднати наступні підходи:

1. Модель, що обчислює динаміку значень ризику портфелю, слід описувати рівнянням анти дифузійного типу у дробових похідних з комплексним часом (або дискретними рівняннями) із  $p$ -одичними значеннями;

2. Видається розумним слідуючи ідеям, розвиненим у відомій роботі [11], використовувати для динамічної оцінки ризиків портфелю модифікації відомих рівнянь Хатчинсона-Райта.

3. Деякі параметри моделей, які обчислюють динаміку значень ризику конкретного ІТ-бізнесу, можливо знайти за допомогою методів нечіткої математики.

4. Для обчислень рівнянь у дробових похідних можливе використання алгоритмів робот [12, 13].

5. Чисельні методи, які будуть використовуватися для цих обчислень, потрібно перевіряти на сталість.

**Динамічна модель оцінки ризиків.** У силу загальних теорій динамічних систем, можна припустити вплив самої структури сучасного глобального фондового ринку на результати торгів. Як відомо, ця структура може бути приблизно охарактеризована як так звана пов'язана мережева топологія. Можливо, для її вивчення буде корисно залучати методи дослідження так званого «природного інтелекту». Зрозуміло, що безглуздо будувати будь-які апріорні гіпотези про такий вплив. Потрібна велика кількість реальних спостережень і,

можливо, створення якоїсь нової гілки математики на основі, скажімо, КАМ-теорії. Зараз за допомогою алгоритму DebtRank визначають як нестабільність фінансових банківських, так і електричних мереж у певних мережевих топологіях [12].

Однак зрозуміло, що в рамках р-одичного підходу треба використовувати моделі, що лежать за межами суто технічного аналізу. Використовуючи підхід, розвинений у роботі [11], вартість конкурентної стратегії  $V(N,t)$  у часі ІТ-бізнесу визначимо з рівняння:

$$D_{\alpha+}^{\alpha} V(N,t) = -(\sigma^2(N)/N^2) D^H \left( V(N,t) - \frac{\partial V}{\partial N}(N,t) \right) \quad (4)$$

Дробова похідна за часом виникає насамперед від нееквидисцентності зазначених вище часових рядів і обчислюється як індикатор оптимальної довжини ряду сканування.

У формулі (4)  $D_{\alpha+}^{\alpha}$  – дробова похідна Рімана-Ліувілля,  $\alpha \in \mathbb{C}$ ,  $\text{Re } \alpha$  – індикатор оптимальної довжини сканування ряду курсу акції,  $\text{Im } \alpha$  – дата виконання хедж-опціону,  $a$  – мінімальна ціна пропозиції вартості акції на продаж на момент купівлі хедж-опціону,  $N$  – величина фондового індексу NASDAQ,  $t$  – час,  $\sigma^2$  – дисперсія,  $D^H$  – дробова похідна Ріса,  $H$  – показник Херста ряду курсу акції, виражений р-одичним числом.

Тоді модифікована модель для визначення загальної функції ризику може виглядати так:

для систематичної компоненти  $R_s$ :

$$\dot{V} = H(N)_K V(t) \left[ 1 - \int_{-\tau}^0 (V(t+\theta) Q(-\theta) - \alpha R(\theta)_s V(\theta)) d\theta \right] \quad (5)$$

У формулі (5)  $\alpha \in R$ ,  $\alpha > 0$  – параметр,  $\tau$  – номер початку спостережень за даними фондового індексу NASDAQ, функція  $Q(t) = [t/\sigma^2(t)] \exp(-t/\sigma(T))$ ,  $T = HK(N)$  – ентропія Колмогорова – Синая динаміки періоду циклу фондового індексу NASDAQ, позначений першою літерою  $N$ .

Для несистематичної компоненти  $R_{ns}$  модифікованим логістичним рівнянням:

$$D_{\alpha}^{\alpha} R_{ns} = b H_K(N) R_{ns}(t) [1 - \sigma(N) R_{ns}(t) / V(N,t)] \quad (6)$$

У формулі (6)  $b \in R$ ,  $b > 0$  – параметр (який визначається методами експертних оцінок та/або методами технічного аналізу або методами нечіткої математики).  $\sigma(N)$  – стандартне відхилення.

Загальна функція ризику тоді має вигляд:  $R(t) = R(t)_s + R(t)_{ns}$ .

Ця модель має дві точки біфуркації: перша відповідає м'якій втраті стійкості рівноваги з утворенням автоколивань, друга відповідає м'якій втраті стійкості циклу та переходу в стохастичний режим та дозволяє реалізувати стратегії аналізу та управління ризиками в режимі реального часу. Розрахунки за цими моделями можливо проводити за алгоритмами наприклад, [13].

Спираючись на модифікацію рівнянь з [11], дискретна р-одична модель загальної функції ризику  $R$  може бути обраною таким чином:

$$R(i+1) = b H_K(i) R(i) [1 - \sigma(i) (R(i)/V(i))] \quad (7)$$

У формулі (7)  $b \in R$ ,  $b > 0$  – параметр (який визначається методами експертних оцінок та/або методами технічного аналізу або методами нечіткої математики),  $\sigma(i)$  – стандартне відхилення на шаг  $i$ , виражене р-одичним числом,  $H_K(i)$  – ентропія Колмогорова – Синая динаміки періоду циклу фондового індексу NASDAQ, на шаг  $i$ , виражена р-одичним числом,

При переході значення параметра  $b$  через критичні, описувані моделлю біфуркації типу ефекту Фейгенбаума можуть дати прогноз поведінки глобального ринку близьким до реального в умовах світової фінансової кризи.

Цей процес можливо буде досліджувати за допомогою комп'ютерного моделювання.

**Результати роботи.** Запропоновано дві математичні моделі чисельної оцінки ризиків з використанням р-одичного аналізу на фондовому ринку ІТ-бізнесу, динамічна у дробових похідних та дискретна.

**Висновок.** Запропоновані оцінки не пов'язані з конкретною моделлю портфельної оптимізації і тому можуть бути використані для покращення результату разом зі стандартною моделлю для даного випадку.

Необхідні параметри математичних моделей оцінки ризиків визначаються за даними різних фінансових ринків, а також за допомогою методів нечіткої математики.

Отримані рівняння підлягають подальшим теоретичним дослідженням методами математичної теорії катастроф.

Далі слід одразу перейти до дискретних рівнянь та дослідити на стійкість чисельні методи їх вирішення.

Побудовані моделі потребують комп'ютерної реалізації, здатної працювати в режимі реального часу.

Надалі запропоновану модель динамічного управління ризиками цілком можливо покращити за рахунок розробки коректних методів підбору факторів, що найбільш впливають на прогноз, а також комбінуючи її з іншими методами прогнозування курсів і точок перелому тренду.

Також для оцінки ризиків можливо використання структур нейронних мереж для застосування нечіткого Методу Групового Урахування Аргументів (наприклад, [14]).

Ми гадаємо також, що для розширення цього списку моделей та методів у наших наступних роботах треба буде проводити експерименти з математичного моделювання з використанням методів перколяції, клітинних автоматів та нейронних мереж. Ми будемо використовувати в цих експериментах тільки відкриті бази даних з фондових бірж.

## Список літератури

## References(transliterated)

1. *Жадність і безрассудство: почему крах FTX сравнивают с кризисом 2008 года*; 28.02.2023 ForkLog. URI: <https://forklog.com/exclusive/zhadnost-i-bezrassudstvo-pochemu-krah-ftx-sravnivayut-s-krizisom-2008-goda>
2. Didier Sornette, Critical market crashes, *Physics Reports* 2003, №378, p.1-98. [https://doi.org/10.1016/S0370-1573\(02\)00634-8](https://doi.org/10.1016/S0370-1573(02)00634-8)
3. *FTX Crash: Embattled Crypto Exchange Offloads Crypto Assets to Pay Customers*, URI: <https://cryptonews.net/news/market/28465875/>
4. Ilknur Koca. *Financial model with chaotic analysis. Results in Physics*. 51 (2023) 106633
5. Zharkov V.M. *Adelic theory of stock market*, URI: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1102/1102.2515.pdf>
6. Prosyankina-Zharova T.I., Terentiev O.M., Bidyuk P.I. and Makukha M.P. Features of SAS Enterprise Guide for probabilistic modeling system, macroeconomic analysis and forecasting. *Journal of Mathematics and System Science*. NY: David Publishing Company, USA, 2016. 112-122 p. ISSN 2159-5291, USA. doi: 10.17265/2159-5291/2016.03.003
7. Бідюк П.І. *Розробка методології системного аналізу, моделювання та оцінювання фінансових ризиків. Номер державної реєстрації теми – 0115U000356*. URI: [https://report.kpi.ua/files/2016\\_2813%20.pdf](https://report.kpi.ua/files/2016_2813%20.pdf)
8. Vinesh Kumar, Sandeep Kumar Gupta, Rohit Kaushik, Subhask Kumar Verma, and Olena Sakovska, *An Intuitionistic Fuzzy Approach to Analysis Financial Risk Tolerance with MATLAB in Business*, © The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023 R. Agrawal et al. (eds.), International Conference on IoT, Intelligent Computing and Security, Lecture Notes in Electrical Engineering 982, [https://doi.org/10.1007/978-981-19-8136-4\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-19-8136-4_26)
9. Burtnyak I., Kushnir O., Application of neuron networks to analysis of currency rate. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. <http://journals.pnu.edu.ua> Vol. 10, No. 2 (2023), 6-14 doi: 10.15330/jpnu.10.2.6-14
10. Dmitriy Piskarev *Вычисление коэффициента Херста* URI: <https://www.mql5.com/ru/articles/2930ro>
11. May R. Time-delay versus stability in population models with two and three trophic levels. *Ecology*, 1973, 54, p. 315-325 <https://doi.org/10.2307/1934339>
12. Lijuan Li, *Front. Energy Res.*, 24 November 2021 *Sec. Process and Energy Systems Engineering*. Volume 9 - 2021 <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.786439> URI: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2021.786439/full>
13. Sarboland M., Numerical solution of fractional differential equations with partial derivatives using a multiquadric quasi-interpolation scheme. *European Journal of Computational Mechanics*. 2018, 27, p. 89-108, <https://doi.org/10.1080/17797179.2018.1469833>.
14. Кравець І.О., Лисенко А.Ю. Дослідження Методу Групового Урахування Аргументів для авторегресійних та дистрибутивних моделей. *Наукові праці «Комп'ютерні технології»*, вип. 148, том 160, стор.62 – 73, Миколаїв, Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011.
1. Greed and recklessness: why the collapse of FTX is being compared to the 2008 crisis 28.02.2023 ForkLog. ; Electronic resource <https://forklog.com/exclusive/zhadnost-i-bezrassudstvo-pochemu-krah-ftx-sravnivayut-s-krizisom-2008-god>
2. Didier Sornette, Critical market crashes, *Physics Reports* 2003, №378, c.1-98. [https://doi.org/10.1016/S0370-1573\(02\)00634-8](https://doi.org/10.1016/S0370-1573(02)00634-8)
3. FTX Crash: Embattled Crypto Exchange Offloads Crypto Assets to Pay Customers, Electronic resource <https://cryptonews.net/news/market/28465875>
4. Ilknur Koca. Financial model with chaotic analysis. Results in Physics. 51 (2023) 106633
5. Zharkov V.M. Adelic theory of stock market, , Electronic resource <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1102/1102.2515.pdf>
6. Prosyankina-Zharova T.I., Terentiev O.M., Bidyuk P.I. and Makukha M.P. Features of SAS Enterprise Guide for probabilistic modeling system, macroeconomic analysis and forecasting // *Journal of Mathematics and System Science*. – NY: David Publishing Company, USA, 2016. – 112-122 p. – ISSN 2159-5291, USA. – doi: 10.17265/2159-5291/2016.03.003
7. Bidyuk P.I. Development of methodology for system analysis, modeling and assessment of financial risks. The subject's state registration number is 0115U000356. Electronic resource [https://report.kpi.ua/files/2016\\_2813%20.pdf](https://report.kpi.ua/files/2016_2813%20.pdf)
8. Vinesh Kumar, Sandeep Kumar Gupta, Rohit Kaushik, Subhask Kumar Verma, and Olena Sakovska, An Intuitionistic Fuzzy Approach to Analysis Financial Risk Tolerance with MATLAB in Business, © The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023 R. Agrawal et al. (eds.), International Conference on IoT, Intelligent Computing and Security, Lecture Notes in Electrical Engineering 982, [https://doi.org/10.1007/978-981-19-8136-4\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-19-8136-4_26)
9. Burtnyak, O. Kushnir, Application of neuron networks to analysis of currency rate, *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University* <http://journals.pnu.edu.ua> Vol. 10, No. 2 (2023), 6-14 doi: 10.15330/jpnu.10.2.6-14
10. Dmitriy Piskarev Calculation of the Hurst coefficient Electronic resource <https://www.mql5.com/ru/articles/2930>
11. R. May Time-delay versus stability in population models with two and three trophic levels. – *Ecology*, 1973, 54, p. 315-325 <https://doi.org/10.2307/1934339>
12. Lijuan Li, *Front. Energy Res.*, 24 November 2021 *Sec. Process and Energy Systems Engineering* Volume 9 - 2021 Electronic resource <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.786439>
13. M. Sarboland, Numerical solution of fractional differential equations with partial derivatives using a multiquadric quasi-interpolation scheme *European Journal of Computational Mechanics*. 2018, 27, p. 89-108, <https://doi.org/10.1080/17797179.2018.1469833>
14. I.O. Kravets, A.Yu. Lysenko, Study of the Method of Group Consideration of Arguments for autoregressive and distributional models, Scientific works "Computer technologies", vol. 148, volume 160, pages 62 – 73, Mykolaiv, ChDU named after Petra Mohyly, 2011.

Надійшла (received) 25.02.2024

## Відомості про авторів (About authors)

**Гомозов Євген Павлович (Gomozov Yevgen)** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерної математики та аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, e-mail: [Yevgen.Gomozov@khp.edu.ua](mailto:Yevgen.Gomozov@khp.edu.ua)

**Мац Владислав Ігорович (Mats Vladyslav)** – аспірант кафедри комп'ютерної математики та аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, e-mail: [vladyslav.mats@cs.khp.edu.ua](mailto:vladyslav.mats@cs.khp.edu.ua)

## ЗМІСТ

<b>Бушуєв С., Бушуєв Д., Бушуєва В., Бушуєва Н., Тихонович Ю.</b> Розробка стратегічного управління проектами під впливом штучного інтелекту (eng.) .....	3
<b>Бушуєв С. Д., Івко А. В.</b> Моделі управління проектами розвитку самокерованих організацій в синкретичному контексті (eng.).....	8
<b>Гринченко М. А., Москаленко В. Ю.</b> Когнитивне моделювання для стратегічного аналізу конкурентного статусу ІТ-компанії.....	17
<b>Лисенко О. О., Кононенко І. В.</b> Специфіка та складність міграції сторонніх інструментів в ІТ проектах .....	26
<b>Макогонов А. В., Маринич І. А.</b> Склад та структура інформаційної системи для організації проведення планово-попереджувальних ремонтів ...	33
<b>Москаленко В. В., Фонта Н. Г., Гавриленко А. В., Безчастний О. М.</b> Аналіз проблеми прогнозування трендів криптовалютного ринку та сучасні підходи до її вирішення .....	41
<b>Пашиєв А. А., Слепушков М. В., Гурт Д. О., Лютенко І. В.</b> Дослідження управління розгортанням програмної системи із використанням ресурсів хмарних провайдерів ...	50
<b>Семенчук К. Л.</b> Моделювання стратегій ланцюгів постачань у проектній діяльності .....	58
<b>Сергієнко О. А., Чернова Н. Л., Момотков І. С., Гузь О. Б.</b> Алгоритм оцінки та аналізу ефективності бізнес-процесів продуктової компанії на прикладі ІТ-галузі .....	66
<b>Чернова Лб. С., І. А. Журавель І. А.</b> Ефективність об'єднання центрів компетенцій в управлінні інформаційними системами на основі теоретико-ігрового підходу .....	74
<b>Гомозов Є. П., Мац В. І.</b> Математичні моделі оцінки ризиків ІТ бізнесів .....	79

CONTENTS

**Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V., Bushuyeva N., Tykchonovych J.**  
Strategic project management development under influence of artificial intelligence .....3

**Bushuyev S. D., Ivko A. V.**  
Project management models for development projects in self-managed organizations in a syncretic context .....8

**Grinchenko M., Moskalenko V.**  
Cognitive modeling for strategic analysis of the competitive IT company status .....17

**Lysenko A., Kononenko I.**  
Specifics and complexity of third-party library migrations in IT-projects .....26

**Makohonov A., Marynych I.**  
The warehouse and structure of the information system for organizing planned preventive maintenance .....33

**Moskalenko V., Fonta N., Havrylenko A., Bezchastnyi O.**  
Problem analysis of forecasting cryptocurrency market trends and modern approaches to its solution .....41

**Pashniev A., Slipushkov M., Hurt D., Liutenko I.**  
Research of the management of software system deployment using the resources of cloud providers .....50

**Semenchuk K.**  
Project activities modeling of supply chain strategies .....58

**Serhiienko O., Chernova N., Momotkov I., Huz O.**  
Algorithm for assessing and analyzing the effectiveness of IT company business processes .....66

**Chernova L., Zhuravel I.**  
Efficiency of competence centers combination in information systems management based on a game-theoretic approach .....74

**Gomozov Y. P., Mats V. I.**  
Mathematical models of it business risks assessment .....79

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ».  
СЕРІЯ: СТРАТЕГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ, УПРАВЛІННЯ ПОРТФЕЛЯМИ,  
ПРОГРАМАМИ ТА ПРОЕКТАМИ**

**Збірник наукових праць**

**№ 1 (8) 2024**

Науковий редактор: Кононенко І. В., д-р техн. наук, професор, НТУ «ХПІ», Україна  
Технічний редактор: Лобач О. В., канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПІ», Україна

Відповідальний за випуск Лобач О. В., канд. техн. наук, доцент

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:** 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХПІ».  
Кафедра стратегічного управління.  
Тел.: (057) 707-68-24; *e-mail*: [e.v.lobach@gmail.com](mailto:e.v.lobach@gmail.com)  
*Сайт*: pm.khpi.edu.ua

Обл.-вид № 1-24

Підп. до друку 30.04.2024 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний 80 г/м<sup>2</sup>.  
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 9,9. Облік.-вид. арк. 10.  
Тираж 100 пр. Зам. № 160450. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію  
суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---

Цифрова друкарня ТОВ «Смугаста типографія»  
Ідент. код юридичної особи: 38093808  
Україна, 61002, м. Харків, вул. Чернишевська, 28 А. Тел. (057) 754-49-42