

Міністерство освіти і науки України
Черкаський державний технологічний університет
Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Інститут цифровізації освіти НАПН України
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем
НАН і МОН України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Національний університет «Одеська політехніка»
Український державний університет імені Михайла Драгоманова
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Українська інженерно-педагогічна академія
Берлінський технічний університет (Німеччина)
Люблінська політехніка (Польща)
Норвезький університет науки і технологій (Норвегія)
Відкритий університет (Португалія)
Талліннський університет (Естонія)
Університет Анадолу (Туреччина)
Шкодерський університет імені Луїджі Гуракучі (Албанія)
Астана ІТ Університет (Казахстан)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

VII Міжнародної науково-практичної конференції **«Інформаційні технології в освіті,** **науці і техніці»** **(ІТОНТ-2024)**

23-24 травня 2024 року

Черкаси 2024



Тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2024), (Черкаси, 23-24 травня 2024 р.) [Електронний ресурс]. Черкаси : ЧДТУ, 2024. 349 с.

Матеріали конференції висвітлюють основні напрями розвитку інформаційних технологій і систем та їх використання в освіті, науці, техніці, економіці, управлінні, медицині.

У матеріалах розглядаються питання, пов'язані з комп'ютерним моделюванням фізичних, хімічних і економічних процесів, інформаційною безпекою та застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій у техніці, наукових дослідженнях і управлінні складними системами, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій в освіті, зі створенням, впровадженням і використанням науково-освітніх ресурсів у закладах вищої освіти, а також з проблемами підготовки ІТ-фахівців у вищій школі.

Для наукових і педагогічних працівників, аспірантів і студентів закладів вищої освіти.

Редакційна колегія:

Фауре Е. В., доктор технічних наук, професор (*голова*)

Базіло К. В., доктор технічних наук, професор

Бондаренко М. О., доктор технічних наук, професор

Гальченко В. Я., доктор технічних наук, професор

Данченко О. Б., доктор технічних наук, професор

Первунінський С. М., доктор технічних наук, професор

Семеріков С. О., доктор педагогічних наук, професор

Соловійов В. М., доктор фізико-математичних наук, професор

Тесля Ю. М., доктор технічних наук, професор

Триус Ю. В., доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор

(*відповідальний редактор*)

Федоров Є. Є., доктор технічних наук, професор

Заспа Г.О., доцент, кандидат технічних наук

Публікується згідно з рішенням Вченої ради Черкаського державного технологічного університету від 20.05.2024 р., протокол № 9.

Матеріали подані в авторській редакції. Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, даних, власних імен, посилань, грамотність, літературний стиль та інші відомості. Редколегія залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали. Рукописи не повертаються. Організатори конференції та члени редколегії не завжди поділяють думки авторів.

Інформаційні партнери конференції: Рада молодих вчених НАН України, Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України.

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Cherkasy State Technological University (Ukraine)
Educational and Research Institute for Applied System Analysis of the National Technical
University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Ukraine)
Institute for Digitalisation of Education of NAPS of Ukraine
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems
under NAS and MES of Ukraine
Kharkiv National University of Radio Electronics (Ukraine)
Odesa Polytechnic National University (Ukraine)
Ukrainian State University named after Mykhailo Drahomanov (Ukraine)
Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University (Ukraine)
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University (Ukraine)
Ukrainian Engineering Pedagogics Academy (Ukraine)
Technische Universität Berlin (Germany)
Lublin University of Technology (Poland)
Norwegian University of Science and Technology (Norway)
Universidade Aberta (Portugal)
Tallinn University (Estonia)
Anadolu University (Türkiye)
Luigj Gurakuqi University of Shkodër (Albania)
Astana IT University (Kazakhstan)**

CONFERENCE PROCEEDINGS

**of the VII International Scientific-Practical Conference
"Information Technology for Education,
Science and Technics"
(ITEST-2024)**

May 23-24, 2024

Cherkasy 2024



UDK 004:37:001:62

Conference proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference "Information Technology for Education, Science and Technics" (ITEST-2024), (Cherkasy, May 23-24, 2024). Cherkasy: ChSTU, 2024. 349 p.

The proceedings include papers on the main directions in development of information technologies and systems and their use in education, science, technology, economics, management and medicine.

The materials consider issues related to computer modeling of physical, chemical and economic processes, information security, and the use of information and communication technologies in technology, research and complex systems control, information and communication technologies in education, creation, implementation, research and educational resources at the universities, as well as the issues of teaching IT students at higher education institutions.

For researchers, teachers, graduate students and university students.

Editorial board:

Prof., Dr. *E. Faure* (head)

Prof., Dr. *C. Bazilo*

Prof., Dr. *M. Bondarenko*

Prof., Dr. *O. Danchenko*

Prof., Dr. *V. Halchenko*

Prof., Dr. *S. Pervuninsky*

Prof., Dr. *S. Semerikov*

Prof., Dr. *V. Solovyev*

Prof., Dr. *Y. Teslia*

Prof., Dr. *Y. Tryus* (editor)

Prof., Dr. *Ye. Fedorov*

Docent, PhD. *H. Zaspá*

Published according to the Cherkasy State Technological University Board resolution dated May 20, 2024, protocol No. 9.

The materials are presented in the author's edition. The authors of the published materials are fully responsible for the selection, accuracy of given facts, quotations, data, proper names, references, literacy, literary style and other information. The editorial board reserves the right to shorten and edit submitted materials. Manuscripts are not returned. Conference organizers and members of the editorial board do not always share the opinions of the authors.

Information partners of the conference: Council of Young Scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine, Cherkasy Scientific-Research Expert Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ

A. Теоретичні та практичні аспекти створення сучасних інформаційно-комунікаційних систем.....	6
B. Інформаційні технології моделювання складних систем.....	23
C. Інформаційні технології в техніці та робототехніці.....	50
D. Інформаційно-комунікаційні технології в управлінні.....	90
E. Інформаційні технології у сфері інтелектуальних обчислень.....	126
F. Інформаційно-комунікаційні системи та мережі.....	157
G. Безпека інформаційних технологій.....	165
H. Інформаційно-комунікаційні технології в наукових дослідженнях.....	188
I. Комп'ютерне моделювання та інформаційні системи в економіці.....	201
J. Комп'ютерне моделювання фізичних і хімічних процесів.....	219
K. Інформаційні системи в медицині.....	251
L. Інформаційно-комунікаційні технології у вищій освіті.....	260
M. Проблеми підготовки IT-фахівців у ЗВО.....	332
Зміст	342

BRIEF CONTENTS

A. Theoretical and practical aspects for creating modern information and communication systems.....	6
B. Information technology in modeling complex systems.....	23
C. Information technology in engineering and robotics.....	50
D. Information and communication technology in management.....	90
E. Information technology in intelligent computing.....	126
F. Information and communication systems and networks.....	157
G. Information security.....	165
H. Information and communication technology in research.....	188
I. Computer modeling and information systems in economics.....	201
J. Computer modeling in physical and chemical processes.....	219
K. Information systems in medicine.....	251
L. Information and communication technology in higher education.....	260
M. Training IT Experts in universities.....	332
Contents	342

GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR IMPROVING MUNICIPAL GOVERNANCE AND URBAN DEVELOPMENT: ANALYSIS AND PROSPECTS

Konovalenko S., Krasenko A., Sezonchuk S., Bilous I., Trunova E.
Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Abstract. The article examines the importance of using geoinformation technologies for improving municipal management and urban development. The purpose of the study is to develop an interactive, easily scalable system that optimizes control over the condition of urban infrastructure facilities. The object is interactive municipal geographic information system. The subject are advanced tools and approaches for optimizing spatial data in the context of municipal management. The proposed technology emphasizes the benefits of a multithreaded approach, potentially involving technologies such as NoSQL and PostGIS for efficient data management. Special attention is paid to the need to comply with the established standards of spatial database management. The proposal involves the use of a modern serveries architecture to optimize the processing and publication of data for web applications. Because of modeling, a prototype of an interactive system specially designed for monitoring the urban infrastructure of Chernihiv has been developed.

Keywords: Municipal Administration, GIS Practice, Scalable Web GIS Microservice, RESTful API, PostGIS

Introduction. Information technologies have become an integral part of modern life, influencing the world both positively and negatively [1]. One of the examples of the everyday use of information technologies is the system of monitoring the execution of planned and emergency works in the city and monitoring the general state of the city. Today, they are widely implemented by local authorities. These systems greatly simplify the management of city infrastructure and allow prompt response to emergencies.

The introduction of a geoportal for interactive communication between the public and municipal authorities regarding the maintenance of city infrastructure is key to improving the efficiency of providing relevant services. This not only contributes to the automation of processes but also introduces modern electronic services for the registration, storage, and exchange of spatial information. In addition, such integration provides wide access to various information resources and public data. This increases transparency and improves the efficiency of city management.

An analysis of recent research and publications shows a significant increase in interest in the development of information systems and technologies in the context of local government.

The purpose of the work. The purpose of the study is to develop an interactive, easily scalable system that optimizes control over the condition of urban infrastructure facilities. This system is based on the use of modern and sustainable geographic information technologies, integrating advanced tools for processing and analyzing spatial data and is designed for long-term use.

Formulation of the problem. The disadvantages of the existing software are the lack of a clear strategy for GIS development and implementation, as well as the limited ability to quickly scale the system to swiftly accommodate diverse input data. Considering the prior development experience, current challenges, and the present needs of the municipal administration of Chernihiv, the proposal involves the development of an innovative Municipal Geographic Information System (IMGS). The objective of this system is to address key issues arising in the city's development process, ensuring the rapid and efficient functioning of municipal authorities, and fostering better interaction with the community. Achieving this outcome involves leveraging advanced geographic information technologies and integrating modern tools for processing and analyzing spatial data [2].

An interactive system for monitoring the state of urban infrastructure should be simple and user-friendly, with an uncluttered interface. Data security, cross-platform compatibility and open-source code are mandatory requirements.

Solving the problem. Based on the conducted modeling and business analysis, a clear strategy for the operational placement of heterogeneous and different-scale data for the implementation of IMGS is proposed. Model diagrams and business process notation (BPMN) are used to model the process.

Based on the modeling, the architecture of an interactive system for monitoring the state of urban infrastructure was developed, as shown in Figure 1.

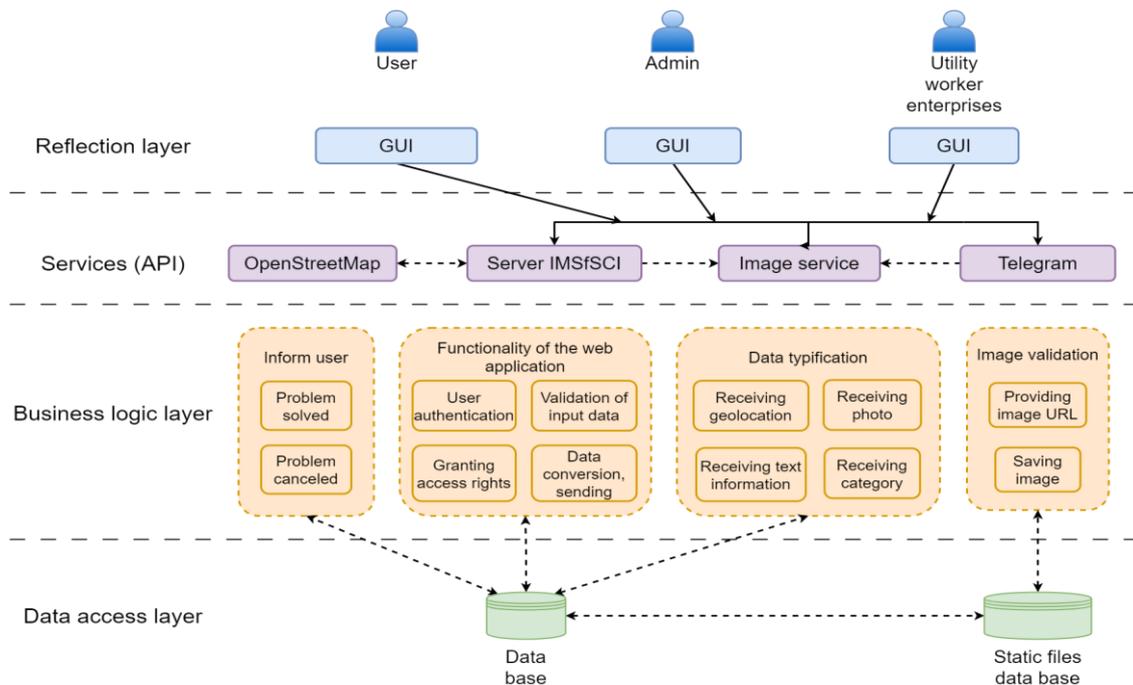


Fig. 1. Architecture of an interactive system for monitoring the state of urban infrastructure

The system accepts certain data from the user, processes it according to special rules, stores it in the database, and displays it on the service's web portal. The system is implemented in two prototypes: a chat-bot and a web page.

Conclusion. In the conditions of a full-scale war, the issue of the interaction of municipal authorities with the community is becoming more and more urgent throughout Ukraine, and especially in front-line and border settlements.

Based on the conducted modeling and business analysis, a clear strategy for the operational placement of heterogeneous and different-scale data for the implementation of IMGS is proposed, which allowed to create the first minimum viable product (MVP) of the municipal geoinformation system. Its integration with modern spatial data processing and analysis tools opens up prospects for long-term use. MVP is an important step in solving key challenges and opportunities related to the development of the city of Chernihiv.

The test of the prototype shows an increase in the efficiency of the city's housing and communal services.

The system can be modified for other cities, villages or regions both in Ukraine and abroad.

References

1. Wolff, J.: How Is Technology Changing the World, and How Should the World Change Technology? *Global Perspectives*, 2(1), 1-5 (2021). doi.org/10.1525/gp.2021.27353
2. Sadoun B., Al-Bayari O., Al-Tawara S.: Open Source GIS Solution: An Overview of the Architecture of Free Open Source Web GIS. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences (JJEES)*, vol. 13, no. 2, pp. 74-81. (2022). http://www.jjees.hu.edu.jo/files/Vol13No2/JJEES_Vol 13_No 2_P1.pdf.

EFFECTIVENESS OF MOBILE APPLICATION UI/UX-DESIGN ASSESSMENT USING THE MANN-WHITNEY-WILCOXON METHOD

Khamar I., Fechan A.

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. The study is devoted to measuring the effectiveness of Flat and Material variations of the UI/UX design of the educational mobile application of the application "Guitatune Tuner". A survey of application users was conducted to investigate and compare the quantitative characteristics of the impact on the user experience. Survey data were grouped and processed using the Mann-Whitney-Wilcoxon method. The results of the analysis are included in the article.

Keywords: UI/UX, Mann-Whitney, U test, effectiveness, design assessment, mobile application.

Introduction. In recent years, the development of mobile technologies has significantly changed the approach to using various applications. The topic of interface and interaction design (UI/UX) of mobile applications has become especially relevant, since it is through it that user convenience and satisfaction is determined [1]. In this regard, there is a need for objective methods of evaluating the effectiveness of design and its impact on user experience. One of the methods that is gaining popularity in research on this topic is the use of statistical methods, in particular the Mann-Whitney-Wilcoxon Method.

The purpose of the work. Main purpose of the work is to measure Flat and Material UI/UX-design effectiveness of the "Guitatune Tuner" educational application and to discover the most effective using Mann-Whitney-Wilcoxon method.

Formulation of the problem. UI/UX design of educational mobile application should be consistent and allow users to achieve their goals with joy. But there are many different approaches to UI/UX and a lot of possible choices for building it. Often they are contradicting towards each other. Therefore more effective approach for UI/UX design of specific applications creation should be determined.

Solving the problem. To address the problem outlined in the introduction, the study employed a systematic approach to evaluate the effectiveness of the Flat and Material UI/UX designs of the "Guitatune Tuner" educational application. The chosen solution involved conducting a user survey aimed at gathering quantitative data regarding user experience with both design variations.

The process of solving the problem began with a thorough exploration of the subject area related to UI/UX design effectiveness. This involved delving into existing literature, theories, and methodologies for evaluating design impact on user experience.

Following this, the study focused on selecting an appropriate methodology for data analysis. Given the need for objective and statistically sound results, the Mann-Whitney-Wilcoxon method was chosen for its suitability in comparing two independent samples.

A carefully designed survey was then administered to users of the "Guitatune Tuner" application, allowing participants to interact with both the Flat and Material design versions. The survey questions were formulated to capture users' perceptions and preferences regarding various aspects of the interface, thereby providing quantitative insights into design effectiveness.

Upon completion of data collection, the obtained responses were organized and analyzed using the Mann-Whitney-Wilcoxon method. This statistical analysis allowed for the identification of any significant differences in user experience between the two design variations [2].

The results of the analysis, which are detailed in this article, provide valuable insights into the relative effectiveness of the Flat and Material UI/UX designs of the "Guitatune Tuner" application. These findings contribute to the broader understanding of UI/UX design principles and offer practical guidance for enhancing user experience in educational mobile applications.



Fig. 1. Developed Guitatune Tuner GUI in Flat and Material variations

Introduction to the Wilcoxon-Mann-Whitney Test

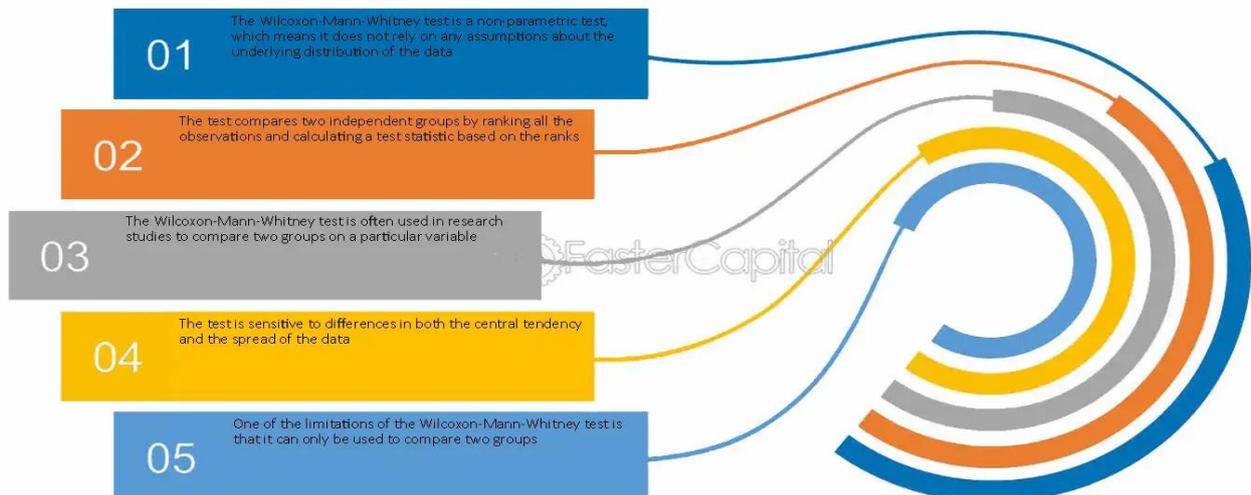


Fig. 2. Wilcoxon-Mann-Whitney core analysis principles

Conclusion. The Mann-Whitney-Wilcoxon confirmed its ability to provide robust comparisons between independent samples, offering statistical significance to our findings. This scientific inquiry is vital for guiding informed UI/UX design decisions, crucial in today's mobile technology landscape. Additionally, this research highlights the potential of leveraging statistical methods to optimize UI/UX design in educational mobile applications, offering promising avenues for enhancing user experience and learning outcomes.

References

1. Design and experience of mobile applications: a pilot survey / M. Sandesara et al. Mathematics. 2022. Vol. 10, no. 14. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.3390/math10142380> (date of access: 30.03.2024).
2. A generalized Wilcoxon–Mann–Whitney type test for multivariate data through pairwise distance / J. Liu et al. Journal of multivariate analysis. 2022. Vol. 190, no. 104946, P.1-5. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmva.2022.104946> (date of access: 30.03.2024).

CROSS-DISCIPLINARY COOPERATION FOR DIGITAL RESILIENCE

Prazian M.

Mykolas Romeris University, Vilnius, Lithuania

Abstract. The study analyzed how cross-disciplinary cooperation can ensure digital resilience. This cooperation should deliver toolsets for government, business, and citizens. Under consideration are telecoms, information, and communication technology (ICT), internet infrastructure, and data centers. The subject is to find standards and best practices to amplify digital resilience. The system approach is the methodology using public domain sources, secondary data, and quantitative and qualitative observations. The author considers (i) specific key performance indicators (KPI) aligned with the EU Digital Compass and other regulations, (ii) environmental, social, and governance (ESG) practice, and (iii) business continuity metrics. Pertinent stakeholders can see holistic and in-depth data on their dashboards. The key findings demonstrate that cross-disciplinary cooperation is mandatory for a sustainable and resilient existence and has specific methods, metrics, and organizational forms. The central and regional government, businesses, and citizens can cover the digital resilience gaps based on transversal cross-disciplinary strategies, plans, and executions. It may have many organizational forms, particularly as a Platform. Such complex cooperation and toolsets allow stakeholders to reach digital resilience during poly-crises and disruptions.

Keywords: Digital Resilience, Strategy, Platform, Methods, Metrics, KPI, Dashboard, CISA, EU Compass, Business Continuity, ICT, ISO/IEC, NIS2, ESG, Education, Academia.

Introduction. Compound inefficiency, disasters like war, and existential climate threats may work separately or have cascading effects to disrupt the digital resilience of critical infrastructure. The World Economic Forum [1] constitutes conflicts, risks of costly living, and natural disasters as the top risks for the upcoming years.

Purpose. The study analyses why and how cross-disciplinary cooperation between stakeholders, scientists, and practitioners can ensure digital resilience. The author considers objectives, specific digital and other metrics, and organizational frameworks. The problem definition stems from the complexity of the digital resilience task. It poses a broader concern about the interaction between engineering, technology, finance, and regulation to maintain digital systems. Any toolsets for Ukraine's government, businesses, and citizens should be aligned with the EU's regulations and include best international practices and standards. The method aims at amplifying physical and cyber resilience. It includes reviewing various resources such as academic research papers, industrial reports, case studies, expertise, and international and local regulatory guidelines. The complex approach, classifications of objects and tasks, and hierarchy of metrics and dashboards derived from the system methodology represent a scientific novelty of the work. The approach has been developed and implemented with domestic and international partners, academia and universities.

Main. Under consideration are telecoms, information and communication technology (ICT), internet infrastructure, and data centers across the entire value chain. A mismatch between the European Union's (EU) technical resilience and sustainability regulation and practice is immense today. Bridging these gaps demands engaging knowledge about methods, metrics, cooperative frameworks, legislation, technologies, and finance and activating creativity, critical thinking, and soft skills. The Institute for Modelling in Energy Engineering (Kyiv, Ukraine) and the Mykolas Romeris University (Vilnius, Lithuania) work closely on digital resilience because international cooperation accelerates research and development and represents one of the best options. The study focuses on the following:

- 1. The regulatory** international documents and standards across digital infrastructures include EU Compass [2], EU Cyber, EU Resilience, The US Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) publishes guidance for assessing regional infrastructure resilience for countries with regions [3]. The 'up-bottom' principles can direct engineers to prefer to use the ISO's family standards: 27000, 31000:2018, 28000:2022, 371123:2019. NIST standards with recently

updated NIS2 [4] sets up a range for measurement. Based on this, engineers and practitioners can analyze performance, measure the digital resilience KPIs and manage quantitative metrics such as recovery objectives, uptime percentages response, fault tolerance ratios, security incident response times and many others. For example, the MITRE Catalog presents nearly 500 representative cyber resiliency metrics [5].

2. Sustainability disclosure. For engaging investments and meeting nature disruption, the projects and investments must meet the EU sustainability and climate protection regulations, such as TCFD [6], GRI, environmental, social, and governance (ESG) labelling, verification, and rating obtaining. Here are some examples of ESG KPIs: Greenhouse gas (GHG) emission (Scopes 1,2,3), energy efficiency, water consumption, waste and material management, land, and biodiversity; S-employee health and safety, diversity and inclusion, corporate social responsibility (CSR); G- board composition, compliance, risk management and audit.

3. Business continuity. In times of disruption and war, the ISO 22301:2021 and 22301:2019 [7] 'The business continuity management' (BCM) can help regarding disruption, reputation, risk management, and engagement. Benefits to stakeholders come from BCM KPIs such as reducing the frequency and impacts of disruptions, shifting from 'business as usual', supply chain improvement, digital robustness enhancement to deduct insurance premiums, and ensuring risk awareness and employee engagement.

4. Dashboards. As the pertinent stakeholders (government, businesses, and citizens) need to see holistic and in-depth data on their dashboards to monitor, measure, and manage digital sustainability and resilience, the author recommends the work [8] for segmenting the dashboards into 1) the Performance Zone is home to the regular operations, with critical metrics being bookings and revenues; 2) the Productivity Zone is home to all cost related and critical metrics such as efficiency, effectiveness, and regulatory compliance; 3) the Incubation Zone, home and ecosystem to research and development, disruptive innovation with metrics similar to start-ups; 4) the Transformational Zone to make a change, prioritization, supervising where all three segments above can be combined.

5. Framework. According to EU Taxonomy Article 20[9], the Platform of Sustainability incorporates the Task Force and Working Groups; experts could find cohesive solutions to enhance sustainability in the multidisciplinary framework and opt for long-term values. Stakeholders from private and public sectors adjust charters to meet individual needs. They want to understand projects' operational existence and plans via the lens of bankability. Balancing digital resilience and operational efficiency must include business continuity and non-financial factors such as ESG externalities. The advisory process has many forms [10]; each has something in common: decisionmaking, creative solutions, coordination, and information sharing. Because success depends on ability and diversity, the US researcher [11] recommends that multi-modelling platforms look through many windows. Artificial intelligence (AI), ethics, sociology, education, and even philosophy soft skills with creativity and critical thinking have become a norm for the Platforms to develop digital resilience solutions.

Conclusions. Cross-disciplinary cooperation is necessary to ensure digital resilience because digital resilience is linked intrinsically with regulations, engineering, and finance. Sustainability disclosure, including non-financial externalities across environmental, social, and governance axes, became mandatory. To align with EU regulations and best international practices, stakeholders must cover gaps across digital infrastructure and supply chains. Literature reviews and other methods confirm that digital resilience gaps can be covered based on cross-disciplinary advisory processes, which may have many forms. Any platform should embrace physical and cyber regulations regarding digital resilience, sustainability, business continuity, dashboards poised for growth, disruption, innovation, and operational management. The platforms give a floor and resources for experts with different backgrounds to support digital resilience, whatever happens.

References

1. WEF (2023) Global Risks Report 2023: the biggest risks facing the world. In: World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2023/01/these-are-the-biggest-risks-facing-the-world-global-risks-2023/>. Accessed 30 Dec 2023.
2. EU The Strategic Compass of the European Union. <https://www.strategic-compass-european-union.com/>. Accessed 8 Jan 2024.
3. (2024) Infrastructure Resilience Planning Framework (IRPF) | CISA. <https://www.cisa.gov/resources-tools/resources/infrastructure-resilience-planning-framework-irpf>. Accessed 11 Mar 2024.
4. EU Think Tank Ep (2023) The NIS2 Directive: A high common level of cybersecurity in the EU | Think Tank | European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2021\)689333](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)689333). Accessed 1 Apr 2024.
5. Bodeau D, Graubart R, McQuaid R, Jr JW (2018) Cyber Resiliency Metrics Catalog, MITRE.
6. TCFD (2017) Task Force on Climate-Related Financial Disclosures | TCFD). In: Task Force on Climate-Related Financial Disclosures. <https://www.fsb-tcfid.org/>. Accessed 17 Mar 2024.
7. ISO (2019) ISO 22301:2019. Business continuity management system. <https://www.udemy.com/course/business-continuity-management-system-iso-22301/>. Accessed 11 Feb 2024.
8. Moore G (2015) Amazon.com: Zone to Win: Organizing to Compete in an Age of Disruption. <https://www.amazon.com/Zone-Win-Organizing-Compete-Disruption/dp/1682302113>. Accessed 17 Mar 2024.
9. (2020) Art. 20 Taxonomy Regulation - Platform on Sustainable Finance. https://lexparency.org/eu/32020R0852/ART_20/. Accessed 19 Oct 2022.
10. Prazian M (2023) Sustainability: Bridging the gaps between law, finance, and technology. pp 431–443.
11. Scott E. Page SP (2018) The Model Thinker: What You Need to Know to Make Data Work for You.

MESSAGE PASSING SYSTEMS IN MODERN APPLICATIONS AND THEIR ROLE IN ADAPTIVE LOGGING METHOD

Suprunenko I.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The aim of the investigation is to compare several available message passing solutions. The objective of this study is to pick the most suitable solution for a variety of applications and platforms that might implement adaptive logging method. The object is an adaptive logging method. The subject is a change propagation mechanism needed to alter configuration “on the fly”. The study compared some well-known solutions for message passing and as a result picked one of those that should be the most appropriate for adaptive logging method.

Keywords: Adaptive logging, observability, message passing mechanism, debugging.

Introduction. Message passing systems play an essential role in modern applications: from managing inter process communication and synchronization to propagation of updates and events that happened in a system. This is one of the most efficient communication methods that improves the overall responsiveness of a system and allows it to process change at a very high rate. When developing an adaptive logging method [1] implementation, it is necessary to set up a proper mechanism that would allow a software system to pick up configuration change fast and with minimal negative impact. While it is possible to employ some kind of an interval based mechanism, a far better solution would include such software, that does the least amount of work with minimal overhead.

The purpose of the work. The study compares several popular message passing solutions and picks one in particular that would aid greatly with adaptive logging method.

Formulation of the problem. In order to be able to adapt to changed logging requirements, adaptive logging method needs to be coupled with some sort of propagation mechanism that would reinitiate current setup with desired logging severity and log tags. Such a module could be based on one of the available message passing solutions.

Solving the problem. First let's discuss what classes of solutions we can leverage. One of the most widely used mechanisms for this type of task is a message broker: a piece of software that allows applications, services and systems to exchange information by translating messages between interested parties in accordance with messaging protocols. RabbitMQ is one such program that offers flexible, reliable and interoperable broker implementation [2]. It can work by connecting producers (application that sends messages) and consumers (application that will receive those) using a queue, a special buffer-like data structure that accumulates and passes messages to consumers, in a semi-direct fashion (utilizing nameless exchanges) or by using named exchanges and allowing consumers to subscribe in a typical "publish/subscribe" architecture. This allows to create fairly decoupled software systems that can scale quite well and handle really high loads. In a very general sense, this message broker should be able to handle tens of thousands messages per second.

For projects that have PostgreSQL as their database solution, it is possible to use native Listen/Notify methods to get basic message passing capabilities [3]. It works by first connecting to a database management system and initiating a subscription (through "LISTEN" keyword) to a particular channel. Then other connections, that want to pass a piece of information to some subscriber, can simply call "NOTIFY <channel> [, <payload>]" and the database itself will pass the provided payload (if any) to all subscribers of a given channel.

In some cases, it might also be possible to set up a simple http or websocket server in parallel to the main program and expose a very specific endpoint that would be responsible for processing requests related to adaptive logging re-initialization. In case of a http server it should be possible to either make that connection only available using a loopback interface or add some application level access control to prevent unauthorized clients from altering logging configurations.

If we look at this issue from a very basic, operation system level, perspective, there are some utilities that can help us there (following capabilities will be described in terms of Linux based systems). A simple domain socket server is capable of listening for messages on a particular endpoint. As it is a very basic feature of an operating system, using this approach for message passing in order to propagate required changes would be much more flexible than the webserver or entire message broker solution. Another thing that can be used is the mechanism of process signals: there are several specific user-defined signals, such as SIGUSR1 or SIGUSR2, but also, starting from Linux kernel 2.2, it is possible to provide a special real time signals in a range of SIGRTMIN to SIGRTMAX and process those in accordance to our requirements. Again, this is a low level construct and it is highly likely that any adaptive logging implementation would have access to some form of process signal handling.

There are also drawbacks to some of these methods. In the case of a message broker, it might be too much for our use case. Adaptive logging method provides a very precise and exclusive form of control over program execution and its override functionality will not be used by many users, rather by one person with appropriate permissions. So it does not seem reasonable to utilize technology for only a fraction of its capabilities. The solution with PostgreSQL is less demanding, but still makes an assumption that the target software product would use this database management system (which might not be the case for a considerable percentage of projects). As for http or websocket servers, those seem to be much more flexible in a way that any software solution written in a general purpose programming language would have some implementation of at least one of those. But the main issue is that it might add unwanted complexity and also increase an attack surface for an app and would require extra steps for protection, such as setting up firewall or limiting network access based on certain IP addresses (even perhaps listening strictly on loopback interface), which might seem as a bit too much effort for a logging solution. As for process signaling or domain socket in Linux based systems, it seems that launching socket server might be less flexible and would limit the number of applications that could leverage implementing adaptive logging method.

Another big advantage of utilizing process signals is that we do not introduce any new sources for potential errors, such as with message broker, database management system or webserver. As long as the current process is running and healthy, we can reasonably expect it to handle special

signals correctly. There is no need to think about unclosed connections, hanging listeners or port management. We do, however, lose the ability to pass payloads using this method (other options allowed to pass arbitrary data in form of messages to a broker, PostgreSQL channel, web server or domain socket). But that should not be a major issue as the initialization step of the adaptive logging method setup would require passing configuration somehow without using any message passing solution. And the main focus here is not on data transfer, but rather on effective and efficient change propagation.

Conclusion. To allow efficient message passing in adaptive logging method implementations the most suitable option seems to be to use process signals and leverage either custom user signals or real-time variations of those. This solution requires the least amount of effort to set up (as it is an inherent feature of process based computations), does not introduce new attack vectors (such as network based vulnerabilities) and is tightly coupled to an application being observed. Basically any general purpose programming language should allow this type of message passing to be applied, making it very flexible and suitable for a variety of software products.

References

1. Супруненко І.О., Рудницький В.М. Адаптивний підхід до логування як новий вимір спостережності за прикладним програмним забезпеченням. *Інформаційна безпека та комп'ютерні технології*: матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції, м Кропивницький, ЦНТУ, 1 листопада 2023 року. С. 45-46.
2. RabbitMQ tutorial – «Hello World!» | RabbitMQ. Retrieved. URL <https://www.rabbitmq.com/tutorials/tutorial-one-javascript>.
3. PostgreSQL: Documentation: 16: NOTIFY. Retrieved. URL. <https://www.postgresql.org/docs/current/sql-notify.html>.
4. Net | Node.js v21.7.1 Documentation. Retrieved. URL <https://nodejs.org/api/net.html#netcreateserveroptions-connectionlistener>.
5. signal(7) - Linux manual page. Retrieved. URL <https://man7.org/linux/man-pages/man7/signal.7.html>.

ВПЛИВ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ІНТЕГРАЦІЮ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ЕНЕРГЕТИЧНУ СИСТЕМУ УКРАЇНИ

Строкань Д.В., Семко І.Б.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Мета дослідження полягає в аналізі впливу інформаційних технологій на процес інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергетичну систему України. Розглядаються різні аспекти, такі як прогнозування виробництва електроенергії з використанням ВДЕ, оптимізація розподілу енергії з урахуванням піків споживання, використання систем керування енергосховищами для забезпечення ефективного використання енергії та моніторингу роботи обладнання ВДЕ для забезпечення його ефективності та безпеки. Розглядається також інтеграція ВДЕ з сучасними мережами зв'язку та її роль у підтримці стабільності енергетичної системи.

Ключові слова: енергоефективність, стабільність енергетичної системи, оптимізація розподілу енергії, цифрова трансформація енергосистеми.

THE INFLUENCE OF IT TECHNOLOGIES ON THE INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ENERGY SYSTEM OF UKRAINE

Strokan D., Semko I.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the study is to analyze the impact of information technologies on the process of integration of renewable energy sources into the energy system of Ukraine. Various aspects are considered, such as forecasting electricity production using RES, optimization of energy distribution taking

into account consumption peaks, use of energy storage management systems to ensure efficient use of energy, and monitoring of the operation of RES equipment to ensure its efficiency and safety. The integration of RES with modern communication networks and its role in maintaining the stability of the energy system is also considered.

Keywords: energy efficiency, stability of the energy system, optimization of energy distribution, digital transformation of the energy system.

Вступ. При впровадженні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергетичну систему, науковці та практики все більше звертають увагу на використання інформаційних технологій (ІТ) для досягнення оптимального використання цих джерел. ІТ ключовим інструментом для прогнозування виробництва ВДЕ, оптимізації розподілу енергії [1], керування енергосховищами, моніторингу та діагностики обладнання ВДЕ, а також інтеграції з сучасними мережами зв'язку.

Мета роботи. Спрямована на аналіз та оцінку впливу ІТ на інтеграцію ВДЕ у енергетичну систему України. Головною метою є розкриття ролі ІТ у підвищенні ефективності, сталості та сталого розвитку енергетичної системи країни через оптимізацію використання ВДЕ та підтримку енергоефективних рішень.

Постановка проблеми. Інтеграція ВДЕ у енергетичну систему визначається як важливий етап на шляху до сталого енергетичного розвитку. Україна, яка має значний потенціал у використанні сонячної, вітрової та гідроенергетики, вступила на цей шлях, проте зустрічається з численними технічними, економічними та організаційними викликами [2].

Основна частина. Для вирішення вищезазначених проблем, пов'язаних із ефективною інтеграцією ВДЕ у енергетичну систему України та досягнення стабільності та сталого розвитку, запропоновано комплексний підхід, що базується на ряді моделей, що зображені на (рис. 1). Розглянемо їх більш детально.



Рис. 1. Моделі комплексного підходу ІТ в ВДЕ

1. Розробка прогностичних моделей: Одним із ключових аспектів є розробка прогностичних моделей для прогнозування виробництва електроенергії з використанням ВДЕ. Ці моделі враховують різноманітні фактори, включаючи географічне розташування, метеорологічні умови, технічні параметри обладнання тощо.

2. Розробка алгоритмів оптимізації: Розробка та застосування алгоритмів оптимізації розподілу енергії дозволяє забезпечити максимальну ефективність використання ВДЕ та зменшити втрати енергії під час транспортування та розподілу.

3. Впровадження систем керування енергосховищами: Використання енергосховищ для зберігання надлишкової електроенергії та її подальшого використання у періоди

пікового навантаження може значно підвищити стійкість енергетичної системи та зменшити залежність від традиційних джерел енергії.

4. Використання систем моніторингу та діагностики обладнання ВДЕ: Впровадження сучасних систем моніторингу та діагностики обладнання ВДЕ дозволяє вчасно виявляти та усувати технічні несправності, що може позитивно позначитися на надійності та продуктивності системи.

5. Інтеграція з сучасними мережами зв'язку: Використання сучасних технологій зв'язку та інтернету речей (IoT) дозволяє побудувати "розумну" інфраструктуру енергетичної системи, яка забезпечує ефективний обмін даними між різними компонентами системи та забезпечує автоматизоване керування для досягнення оптимальних результатів.

Список використаних джерел

1. Сайт «ДТЕК»: Нові горизонти: як українська енергетика використовує цифрові технології. URL: <https://dtek.com/media-center/news/skachok-tsvilizatsii-kak-tsifrovyte-tekhnologii-menyayut-energeticheskuyu-otrasl-ukrainy/>. (Дата звернення: 28.02.2024)
2. Семко І. Б., Строкань Д. В. (2023). Необхідність проєктного підходу у відновлювальній енергетиці. *Управління розвитком складних систем*, (55), 83-91.
3. СЕМКО, І.; ТКАЧЕНКО, В.; СТРОКАНЬ, Д. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ. *Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами», Коблево, 12–15 вересня 2023 р. Збірник праць.–Харків: ХНУРЕ, 2023.–224 с., 2023, 192.*

СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ТУПИКІВ У МОДЕЛЯХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

Супруненко О.О., Онищенко Б.О., Гребенович Ю.Є.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Анотація. Мета роботи полягає у визначенні способу дослідження моделей програмних систем з паралелізмом для виявлення потенційних тупиків на прикладах типових причин виникнення тупикових ситуацій. Завдання роботи – виділення базового набору типових моделей, які відображають потенційні тупикові ситуації, опис їх ознак для підвищення ефективності аналізу моделей програмних систем, опис варіантів виявлення недоліків у проаналізованих моделях. Об'єктом дослідження є моделі програмних систем на основі мереж Петрі; предметом дослідження є тупикові ситуації та ознаки їх виникнення. Методи досліджень: компонентно-орієнтоване моделювання, мережі Петрі, комбінований підхід до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом. Результати досліджень виникнення потенційних тупиків у програмних системах полягають у представленні способу виявлення тупиків при інваріантному аналізі PN-моделі, який підвищує ефективність аналітичної складової комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом.

Ключові слова: мережі Петрі, модель програмної системи, потенційні тупики, спосіб виявлення тупиків, інваріантний аналіз PN-моделі.

THE METHOD OF DETECTING DEADLOCKS IN MODELS OF SOFTWARE SYSTEMS

Suprunenko O., Onyshchenko B., Grebenovych J.

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the work is to determine the method for investigation of software systems models with parallelism for detection of potential deadlocks on examples of typical causes of deadlock situations. The focus of the paper is to identify a basic set of typical models that reflects potential deadlocks, to describe their features for improving the efficiency of analysis models of software systems, to describe the options for identifying deficiencies in the analyzed models. The object of research is software systems models based on Petri nets; the subject of research are deadlocks and features for their occurrence. Research

methods: component-oriented modelling, Petri nets, a combined approach to software simulation modelling with parallelism. The results of research of the potential deadlocks occurrence in software systems present a method for detecting deadlocks in the PN-model invariant analysis, which increases the efficiency of the analytical component of the combined approach to simulation modelling of software with parallelism.

Keywords: Petri nets, model of software system, potential deadlocks, method of detecting deadlock, invariant analysis of the PN-model.

Вступ. Тупики чи дедолки при розробці програмної системи не завжди виникають у наслідок порушення логіки опису процесів, що мають функціонувати у системі. Їх причиною може бути незбалансованість чи недостача певних ресурсів, що викликана накопиченими у системі помилками чи відмовою деяких модулів чи підсистем. Тому при забезпеченні надійності програмної системи важливо визначити можливі причини тупикових ситуацій, передбачити моніторинг ключових ознак цих причин під час функціонування програмної системи.

Мета роботи полягає у вдосконаленні методів динамічного аналізу PN-моделей програмних систем, які характеризуються численними асинхронними паралельними процесами, зокрема у визначенні способу виявлення тупиків, який ґрунтується на правилах, що дозволяють уникати виникнення тупикових ситуацій.

Постановка проблеми. Причинами тупиків можуть бути некоректні умови для обміну даними чи командами між паралельними процесами, а також некоректний доступ до критичної секції кількох асинхронних паралельних процесів, наприклад, ситуація з взаємним блокуванням. Зокрема у роботі [1, с. 121] наведені 4 умови, дотримання яких дозволяє уникати тупиків: 1) у критичній області одночасно не може перебувати більше одного процесу, 2) не може робитись ніяких припущень, пов'язаних зі швидкістю чи кількістю паралельних обробників, 3) жоден процес за межами своєї критичної області не може блокувати будь-який інший процес, 4) жоден процес не повинен вічно чекати, щоб увійти у свою критичну область. Спираючись на ці правила у роботі треба побудувати моделі потенційних тупиків, описати їх ознаки, які у подальшому застосувати при інваріантному аналізі PN-моделей програмних систем.

Розв'язання проблеми. Одним з способів аналізу взаємодії паралельних процесів у програмних системах є апарат мереж Петрі, засобами якого можна не тільки побудувати модель для можливості аналізу взаємодії процесів, передбачених проектом ПЗ, а і провести аналітичне дослідження з виявлення передумов для виникнення тупиків [2, с. 27-28].

Моделі на основі мереж Петрі широко використовуються для аналізу ПЗ. Також їх можна використати для вирішення деяких задач верифікації [3, с. 445-446], зокрема покриття (coverability) та обмеженість (boundedness). Перша з цих задач еквівалентна задачам доведення живості чи досяжності, що вирішуються у теорії мереж Петрі [4, с. 544-546]. Друга задача (обмеженість) еквівалентна задачі доведення збережуваності, зокрема у її загальній постановці – задачі збережуваності по відношенню до вектора зважування [5, с. 79-80]. Також, застосовуються методи трансформації PN-моделей [6, с. 2, 23-24], на основі яких будують механізми отримання додаткової інформації про модель.

У роботі запропонований спосіб виявлення тупиків, який доповнює графо-аналітичний інструментарій комбінованого підходу, застосований у [2]. Для проведення аналізу PN-модель програмної системи розділяється на підмоделі, проводиться їх аналіз з використанням способу виявлення тупиків, зокрема перевіряється наявності у моделі циклів, особливо циклу з довільним виходом [7, с. 25], наявність та відповідність властивості збережуваності конструкції типу «критична секція», наявність наприкінці імітаційного моделювання PN-моделі міток у місцях, які не належать до кінцевих розміток, тобто не є контролюючими та кінцевими вершинами місць.

Висновки. Таким чином, при застосування способу виявлення тупиків у аналітичному та імітаційному дослідженні PN-моделей програмних систем, вдалося локалізувати тупикові ситуації, які виникають на послідовних етапах дослідження моделі. Запропонований спосіб дозволяє підвищити ефективність вирішення задачі моделювання та верифікації моделі у

рамках проектування програмної системи, а також зменшити витрати на розробку та супровід програмних систем.

Список використаних джерел

1. Tanenbaum A., Bos H. (2015). Modern operating systems. 4th ed. Pearson Prentice-Hall, 1106 p.
2. Suprunenko, O., Onyshchenko, B., & Grebenovich, J. (2023). Improving the efficiency of dynamic analysis of the combined simulation model for software with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (123)), 26–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.283075>.
3. Hofman, P., Lasota, S., Lazic, R., Leroux, J., Schmitz, S., Totzke, P. (2016). Coverability Trees for Petri Nets with Unordered Data. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9634, 445-461. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49630-5_26.
4. Murata, T. (1989), Petri Nets: Properties, Analysis and Applications, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 4, no. 77, pp. 541-574. <https://doi.org/10.1109/5.24143>.
5. Suprunenko, O. (2021), Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(4(112)), 74-82. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239212>.
6. Benzin, J-V., Rinderle-Ma S. (2024). Collaboration Petri Nets: Verification, Equivalence, and Discovery (Extended Version). *arXiv preprint arXiv: 2401.16263*. 1-30. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.16263>.
7. Супруненко О.О., Гребенович Ю.Є. Інструментальні засоби компонентно-орієнтованого моделювання програмних систем та PN-патерни: Монографія. Черкаси: Вид. Чабаненко Ю.А., 2022. – 82 с. ISBN 978-996-920-628-2.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СИСТЕМА ПІДБОРУ ІНВЕНТАРЯ ДЛЯ НАСТІЛЬНОГО ТЕНІСУ З ЕЛЕМЕНТАМИ КРИПТОЗАХИСТУ

Тазетдінов В.А., Сисоєнко С.В., Тазетдінов О.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою дослідження є створення системи підбору інвентаря для настільного тенісу, яка б допомагала гравцям і тренерам підбирати оптимальне поєднання накладок та основи, а для забезпечення збереження особистих даних містила елементи криптозахисту. Для організації криптозахисту нейромережевої системи використовується удосконалений метод підвищення швидкості реалізації групового матричного криптоперетворення. Застосування цього методу дозволило зменшити математичну складність та час криптографічного перетворення за рахунок зменшення складності побудови та використання оберненого перетворення.

Ключові слова: нейромережева система, криптозахист, настільний теніс, інвентар.

NEURAL NETWORK SYSTEM FOR SELECTION OF TABLE TENNIS EQUIPMENT WITH ELEMENTS OF CRYPTO PROTECTION

Tazetdinov V., Sysoienko S., Tazetdinov O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is to create a system for selecting table tennis equipment. Such a system would help players and coaches to select the optimal combination of rubbers and blade and contain elements of crypto-protection to ensure the security of personal data. To organize the cryptoprotection of the neural network system, an improved method of increasing the speed of implementation of the group matrix cryptotransformation is used. The use of this method made it possible to reduce the mathematical complexity and time of the cryptographic transformation due to the reduction of the complexity of construction and the use of the inverse transformation.

Keywords: neural network system, crypto protection, table tennis, inventory.

Вступ. Сучасні тренди ринку настільного тенісу диктують свої умови. Настільний теніс це популярний вид спорту, в який грають мільйони людей. Цей вид спорту включено до

програми Олімпійських Ігор. Багато людей грають на досить високому рівні і займаються цим видом спорту професійно. Так, наприклад, в рейтингу настільного тенісу України представлено більш ніж 2300 гравців. Існує багато фірм-виробників інвентаря для настільного тенісу і відповідно велика кількість різноманітного інвентаря для настільного тенісу. Професійні гравці і багато досвідчених любителів гри обирають ракетки, які складаються з компонентів (основи і пари накладок). При виборі компонентів для такої ракетки у гравців часто виникають труднощі і це робить підбір компонентів для такої ракетки для професійного гравця непростою задачею.

Мета роботи. Розробити систему підбору інвентаря для настільного тенісу на основі нейромережових технологій. Враховуючи, те що гравці використовують при роботі з системою особисті дані і конфіденційну інформацію треба забезпечити захист системи від несанкціонованого доступу за допомогою елементів криптозахисту.

Постановка задачі. Оскільки, робота системи підбору інвентаря для настільного тенісу [1] вимагає швидкої обробки даних, то для побудови такої системи ставляться додаткові умови до побудови елементів криптозахисту. Основними характеристиками елементів криптозахисту розроблюваної системи є стійкість, швидкість та надійність криптоперетворення. Отже, ставиться задача підвищення швидкості та стійкості матричного криптографічного перетворення інформації на основі застосування групових перетворень і підвищення стійкості системи на основі використання логічних операцій криптографічного перетворення.

Розв'язання задачі. Для розробки елементів криптозахисту будуть використані удосконалені моделі, методи та алгоритми, які забезпечують підвищення стійкості та швидкості криптоперетворення. Застосування такої побудови дозволить підвищити надійність та стійкість до лінійного криптоаналізу системи потокового шифрування.

Оскільки всі двохоперандні операції криптографічного перетворення інформації можна віднести до матричних операцій криптоперетворення, тому можливість оберненого перетворення будемо оцінювати на основі не виродженого результуючого перетворення.

Матричні операції криптографічного перетворення, описуються моделлю:

$$F_k = \begin{pmatrix} a_{11}x_1 \oplus a_{12}x_2 \oplus \dots \oplus a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 \oplus a_{22}x_2 \oplus \dots \oplus a_{2n}x_n \\ \cdot \quad \cdot \\ a_{n1}x_1 \oplus a_{n2}x_2 \oplus \dots \oplus a_{nn}x_n \end{pmatrix},$$

де $a_{ij} \in [0,1]$; $x_1 \dots x_n$ – операнди-розряди відповідно; \oplus – операція «додавання за mod 2».

Розроблена нейромережева система може застосовуватися для оптимального керування ринком настільного тенісу як частина інформаційно-консультативної підсистеми для суб'єктів ринку настільного тенісу (рисунок 1).

Висновок. Використання нейромережевої системи підбору інвентаря для настільного тенісу дозволить гравцям не тільки отримувати необхідну інформаційну підтримку, але і здатна забезпечити потрібний рівень захисту від несанкціонованого доступу за рахунок використання елементів криптозахисту. Розроблена система інтегрує знання математика, програміста і експерта в області інвентаря з настільного тенісу і окрім цього здатна забезпечити збереження інформації від втручання.

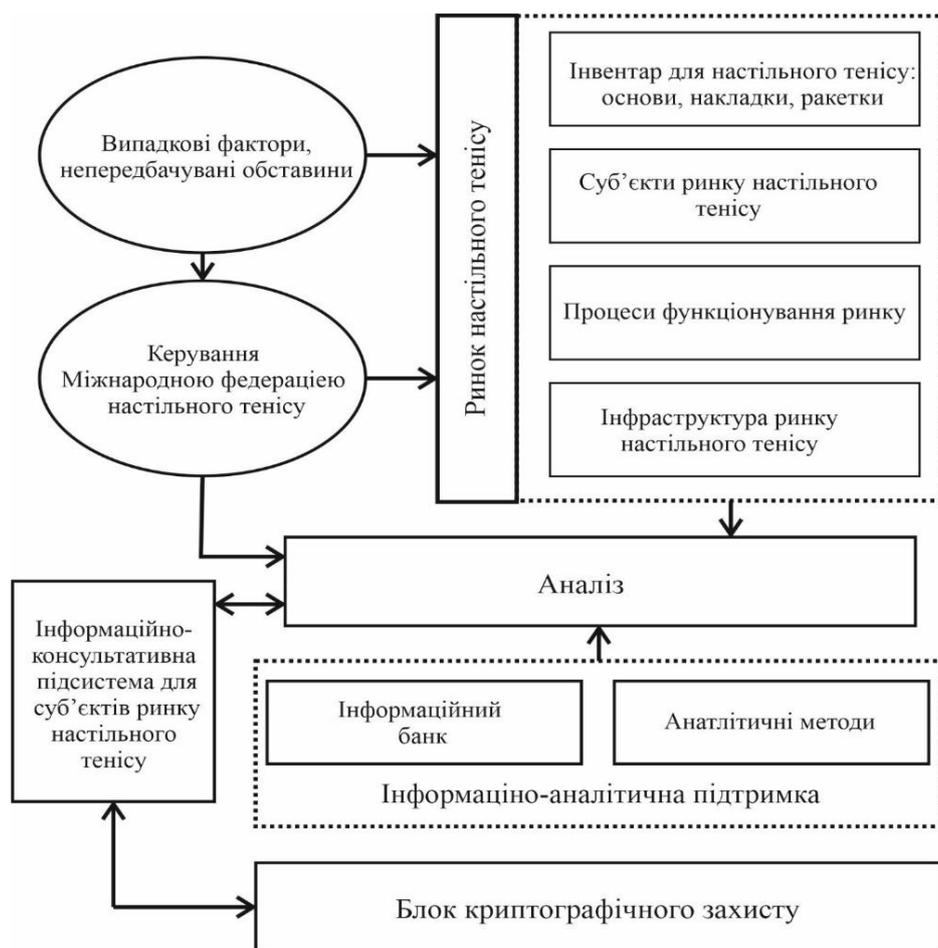


Рис. 1. Оптимальне керування ринком настільного тенісу

Список використаних джерел

1. Тазетдінов, В. А., & Сисоєнко, С. В. (2021). Нейромережева система підбору інвентаря для настільного тенісу. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, (1), 79–85. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.1.2021.225999>

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ВІДМОВ ТА РИЗИКІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ "ВОДІЙ-ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ-СЕРЕДОВИЩЕ"

Ткач В.¹, Литовченко В.², Підгорний М.³, Барвінок Р.², Ланських Є.В.³

¹Університет Джорджа Мейсона, Вірджинія, США

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (ДНДІ ВС ОВТ), Черкаси, Україна

³Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), Черкаси, Україна

Анотація. В статті надано результати комплексного оцінювання об'єктів інформаційної системи «Людина-транспортний засіб-середовище» (Л-ТЗ-С). Кожна складова цієї системи, функціонує як специфічна відокремлена система, при цьому формуючись на індивідуальних підсистемах, зі своїми конкретними призначеннями та функціями. У кожній складовій є власна форма прояву відмов у функціональності. Але об'єднуючись в одну систему, виникають причини формування нового виду відмов складових. Тому необхідно виявити причини виникнення відмов наново сформованої системи та оцінити рівень впливу на систему. Оцінювання проводилось шляхом співставлення результатів опитування групи респондентів та висновків експертів у

автомобілебудівній галузі. В публікації розглянуто комплексний підхід аналізу причин та наслідку відмов (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)) Л-ТЗ-С з застосуванням діаграм Ішікави.

Ключові слова: оцінка ризиків, відмови систем, методи аналізу, експертна оцінка, FMEA, діаграми Ішікави.

COMPLEX ASSESSMENT OF FAILURES AND RISKS OF THE "DRIVER-VEHICLE-ENVIRONMENT" INFORMATIVE SYSTEM

Tkach V.¹, Lytovchenko V.², Pidhornyy M.³, Barvinok R.², Lanskykh Y.³

¹George Mason University, Virginia, USA

²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (SSRI AME TC), Cherkasy, Ukraine

³Cherkasy State Technological University (ChSTU), Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article presents the results of a comprehensive evaluation of the objects of the informative system "driver-vehicle-environment" (D – V – E). Each component of this system functions as a specific separate system, while being formed on individual subsystems, with their specific purposes and functions. Each component has its own form of failure in functionality. But combining into one system causes the formation of a new type of failure of components. Therefore, it is necessary to identify the causes of failures of the newly formed system and assess the level of impact on the system. The assessment was carried out by comparing the results of a survey of a group of respondents and the conclusions of experts in the automotive industry. The publication considers a comprehensive approach to the analysis of the causes and effects of failures (Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)) of D – V – E using Ishikawa diagrams.

Keywords: risk assessment, system failures, analysis methods, expert assessment, FMEA, Ishikawa diagrams.

Вступ. Кожна складова інформаційної системи Л-ТЗ-С може існувати та діяти, як окрема система. При їх поєднанні в єдину систему виникає необхідність розглядати всі аспекти взаємодії. Виникають нові критерії за якими система функціонує. З іншої сторони, на наново сформовану систему діють фактори, які варто проаналізувати з точки зору виникнення протидії надійності та безвідмовності. Для цього було проведено опитування людей, які безпосередньо пов'язані з інформаційною системою Л-ТЗ-С [1]. За результатами опитування та порівняння їх з оцінками експертів, було визначено фактори впливу на функціональність системи Л-ТЗ-С. При застосуванні комплексного підходу до оцінки відмов та ризиків системи, було виведено градацію рівнів значимості факторів. Застосувавши діаграми Ішікави, автори публікації виявили взаємозв'язки між факторами. Тим саме надано рекомендації для усунення впливу факторів на систему Л-ТЗ-С.

Мета публікації – оцінити умови виникнення відмов та рівень ризиків діяльності інформаційної системи Л-ТЗ-С застосувавши комплексний підхід аналізу причин та наслідків відмов з застосуванням діаграм Ішікави.

Постановка проблеми. В автомобілебудівній галузі, актуальною проблемою в аналізі ризиків та оцінці відмов є забезпечення безпеки взаємодії між людиною, транспортним засобом та навколишнім середовищем. Розглядаючи систему Л-ТЗ-С, як систему взаємопов'язаних різнонаправлених систем, прямий вплив на стадії життєвого циклу цієї системи створюється при експлуатації транспортного засобу (ТЗ). Різноманітність за характером факторів впливу збільшує ймовірність виходу з ладу всієї системи, навіть може призвести до аварійних та катастрофічних наслідків. Тому необхідно враховувати всі можливі умови виникнення дії факторів на систему та уникати їх на стадії проектування та виготовлення ТЗ. Для цього необхідно розробити систему оцінки дій факторів та провести їх градацію за рівнями.

Розв'язання проблеми. Особливість FMEA-аналізу в його універсальності та багатокритеріальності представлення результатів аналізу [3]. FMEA розглядає всі види відмов по кожному елементу об'єкту і застосовується для його якісної оцінки на всіх стадіях ЖЦ досліджуваного об'єкту. Такий аналіз дозволяє встановити необхідність внесення змін

в конструкцію (продукт чи процес) і оцінити їх вплив на надійність об'єкту. Завдяки FMEA-аналізу надаються кількісні показники аналізу по десятибальній шкалі. Значення оцінки надає можливість побудови рівнів небезпеки або ефективності досліджуваних складових системи Л-ТЗ-С. Згідно з методикою FMEA, кожний дефект і причину дефекту оцінюють експертно по трьом критеріям за десятибальною шкалою: значимість (severity); ймовірність виникнення (occurrence); ймовірність виявлення (detection). Діаграми Ішікави візуально розподіляє властивості (умови, фактори та критерії) відмови на мінімум п'ять складових, що спричинили її: технологія, обладнання, людина, методологія та вимірювання. Відтворюючи за такою структурою відмови, є можливість пов'язати різнонаправлені причини виникнення відмов до одної групи. Це надасть змогу виявити взаємозв'язки між відмовами, тим саме вирішуючи одну проблему, порушити ланцюг з ними взаємопов'язаних.

Висновок. Комплексний підхід аналізу причин та наслідків відмов з застосуванням діаграм Ішікави надає можливість експерту з оцінки умов виникнення відмов та рівня ризиків діяльності інформаційної системи Л-ТЗ-С отримати кількісну та якісну оцінку подій та їх наслідків. Завдяки отриманим оцінкам, експерт має змогу супроводжувати інформаційну систему Л-ТЗ-С на всіх етапах життєвого циклу, з подальшим удосконаленням та корегуванням. Такий підхід формує основи створення ефективної автоматизованої системи керування ТЗ.

Список використаних джерел

1. Lytovchenko, V., Pidhornyy, M. (2023). Optimization of the Communicative Process in the System "Driver-Vehicle-Environment". In: Faure, E., Danchenko, O., Bondarenko, M., Tryus, Y., Bazilo, C., Zaspá, G. (eds) Information Technology for Education, Science, and Technics. ITEST 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 178. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_20;
2. ISO/TS16949 Quality management system. – Particular requirements for the application of ISO9001:2008 for automotive production and relevant service part organization.
3. IEC 60812:2006. Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).

TACTILE INTERACTION OF FLAT BRAILLE DISPLAYS

Adhami H.¹, Murr P.¹, Honcharov A.², Mogilei S.³

¹International University of Science and Technology in Kuwait, Ardhya, Kuwait

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

³Rauf Ablyazov East European University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. According to the Disability Equality Act (BGG), people with disabilities shouldn't face disadvantages. An equal and independent participation in the modern information and communication society also requires the unrestricted Access to digital content and applications. However, the visual alignment of today's graphical user interfaces can be a considerable hurdle for blind and visually impaired people. To overcome this, the development of suitable tools and interaction techniques for the use of computers is essential.

Keywords: Tactile interaction, Haptics, Flat Braille, Kinesthetic, Exoskeleton.

Introduction. For the interaction between humans and computers, not only their respective properties and requirements are important, but also the context in which the interaction takes place. In addition to the application environment, the Association for Computing Machinery (ACM) [1] includes an overview of human-computer interaction [1]. Accordingly, the development process of interactive systems must consider suitable design approaches and adaptation options based on the context as well as suitable evaluation techniques to ensure usable implementations.

The purpose of the work. The work aims to check the extent to which a flat Braille display enables blind people to use graphical user interfaces (GUIs) effectively and efficiently. Conventional screen readers allow working with GUIs via speech synthesis, but there are numerous applications with a high graphic content that need more than just text-based outputs to function, in addition to access to the GUIs itself and reading.

Formulation of the problem. Blind people have been using so-called screen readers [2] for more than 25 years to interact with graphical user interfaces. These are used to prepare interaction elements and other screen contents in a textual representation to output them audibly via speech and tactile via Braille display. Due to the serial output of text and language, spatial relationships and graphic information can only be conveyed to a limited extent. Conventional tactile graphics can be a useful addition, but it is usually time-consuming and costly to create. Furthermore, not only a new tactile graphic must be made for every modification, but dynamic displays are also difficult to communicate.

Solving the problem. Texts are an important aspect, especially when working with graphics. Consistent organization of the contents is helpful to facilitate operation on a tactile area display. For this purpose, a new type of tactile window system was implemented, which not only divides the output into several disjoint areas, but also supports various tactile display types.

To systematize the design and evaluation of such tactile user interfaces and the user interactions that take place in them, the development of taxonomy can be helpful. The aspects of human-computer interaction defined by the ACM from Figure 1 can be used as the basis for determining a corresponding design space. Because of this, it is necessary to include more than just the interaction itself, but also the properties of the user and the device, and to take the application context and the development process into account [3]. In this paper, the remainder is primarily addressed by closely examining the evolution phase.

The work is divided into two parts, one of which is devoted to a close look at the target group (blind people), the target device (tactile pin board) and the target system (tactile window system). The taxonomy of tactile interaction is also being developed to systematize the corresponding design

space. In the latter part, the knowledge from the first part is applied, to evaluate various aspects of the tactile interaction on the pen plate.

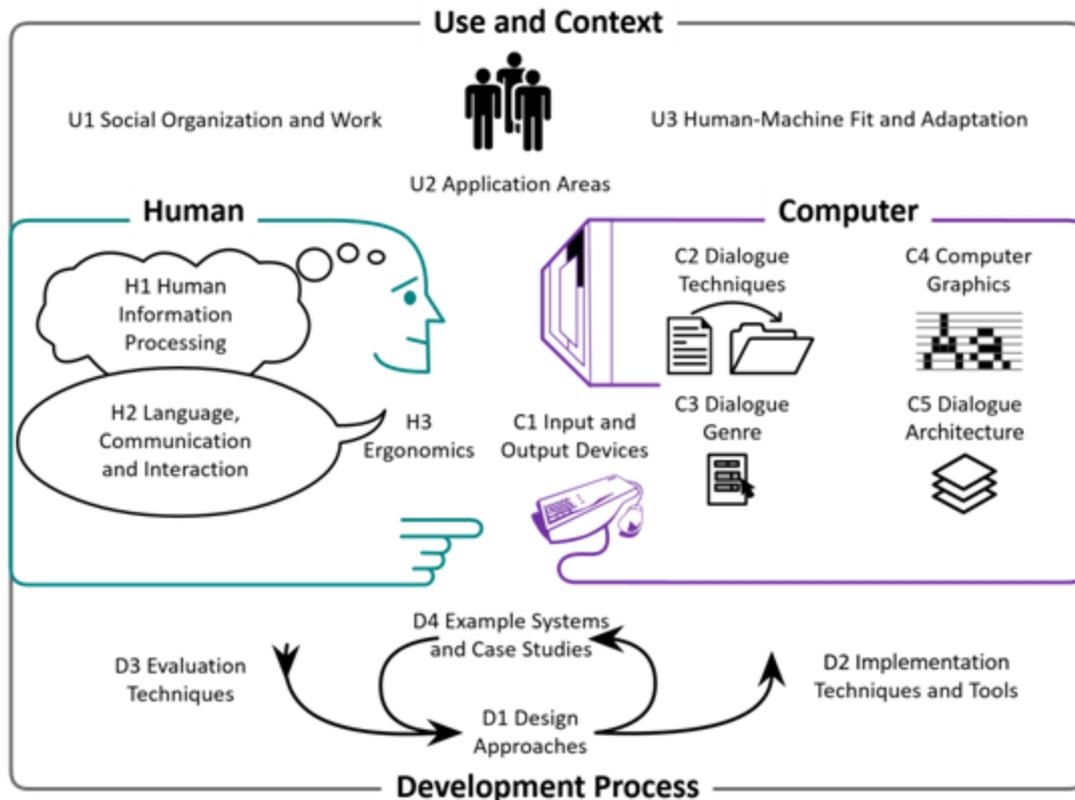


Fig. 1. Aspects of human-computer interaction

Conclusion. Blind people have numerous tools at their disposal for equal and independent participation in the modern digitized world. Conventional screen readers and Braille lines allow efficient access to the textual content of a graphical user interfaces. If facts are also to be conveyed visually, tactile graphics are often used. Due to the analog nature of these materials, their distribution and modification are usually very cumbersome. Novel tactile surface displays can be a suitable solution for this, since they also enable blind people to have interactive access to graphic representations. The novelty of the present work resides, on the one hand, in the development of taxonomy for tactile interaction, and, on the other hand, in the concrete recommendations for the implementation of user interfaces on flat Braille displays. The taxonomy can support developers in the systematic design and evolution of tactile user interfaces. Also, the present work can help to develop effective and efficient tactile user interfaces for graphical-tactile displays.

References

1. Hewett, Thomas T.; Baecker, Ronald; Card, Stuart; Carey, Tom; Gasen, Jean; Mantei, Marilyn; Perlman, Gary; Strong, Gary; Verplank, William: ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. ACM, 1992.
2. Watanabe, Tetsuya, Hirotsugu Kaga, and Shota Shinkai. "Comparison of onscreen text entry methods when using a screen reader." *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 101, 2018 №2. p. 455-461.
3. Ramôa, Gaspar, Omar Moured, Karin Müller, Thorsten Schwarz, and Rainer Stiefelhagen. "Display and Use of Station Floor Plans on 2D Pin Matrix Displays for Blind and Visually Impaired People." In *Proceedings of the 16th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, 2023. p. 254-258.

DYNAMIC FRACTAL CLUSTER MODEL OF INFORMATIONAL SPACE TECHNOLOGICAL PROCESS OF POWER STATION

Budanov P., Oliinyk Yu., Cherniuk A., Brovko K.

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

Abstract. Examined variables affecting the reliability of informational signals, leading to distortion in the quantity of information regarding emergency indicators of technological parameters in power equipment. Suggested employing fractal-cluster theory to describe random informational signals deviating from standard process parameters in power unit operations. Noted variations in the informational phase space volume, characterized by the informational fractal dimension, typically expressed in decimals. This observation pertains to random information signals exhibiting accidental traits, correlating with fluctuations in information quality within the information space. Derived analytical expressions enable the correlation between the enhancement of information quality in random signal indicators and changes in the informational dimension of the fractal signal concerning space coordinates and real-time data.

Keywords: Information processing process, fractal cluster model, emergency signs, reliability criteria.

Introduction. The primary function of power systems lies in their structure as dynamic systems governed by deterministic laws, giving rise to discrete or continuous-time systems often accompanied by chaotic phenomena. Despite being deterministic, these systems exhibit random nonlinear behavior, modeled by nonlinear differential equations. The literature discusses control methods for chaotic systems based on models like Chua, Lorenz, and Ressler. However, existing methods fail to consider the heterogeneous properties of unstable structures with dynamic chaos in space and time, potentially leading to information loss on faults and accidents. The synergistic approach with elements of fractal-cluster theory highlights discrepancies in system functions and tasks, necessitating a developed mathematical apparatus for accurate data processing.

The purpose of the work. Was developed methods of fractal detection of emergency indications in the process data area on the basis of the study of loss of energy of chaotic random signals using elements of fractal – cluster theory.

Formulation of the problem. The problem lies in the incapability of existing methods for managing dynamic chaos in power systems to consider the heterogeneous properties of unstable structures with dynamic chaos in space and time. This may result in loss of information about faults and accidents, limiting the system's ability to adequately respond to emergency situations.

Solving the problem. The development of the cluster and dynamic fractal cluster model aimed to enhance the reliability of Information Management Systems (IMS) within power station Automated Process Control Systems (APCS) by leveraging fractal-cluster theory. It was observed that as random informational signals traverse the information space, the volume's fullness changes, influenced by the energy and power of the fractal signal (Fig.1).

The most relevant fractal dimension, encompassing dimensions like correlation and point-to-point, characterizes the information space's fullness, with the information fractal dimension represented as a decimal indicating how the space is filled by in form or time series. Additionally, the changing amount of information in the memory volume of IMS was found to be connected to the fluctuation of random information signals through the information space. It was observed that an increase in information occurs as random signals pass through the IMS information space, forming local information diversity resembling a strange attractor. This suggests that emergency signs exist in random information signals traversing the informational space, with the information fractal dimension changing accordingly. Considering this, harmonizing the information fractal dimension of random signals with known parameters improves the quality of information of known parameters. The research also explored new analytical dependencies for dynamic space-time models through the cluster model, allowing for a connection between information about emergency signs and variations in technological parameters. The practical results obtained allow for the timely identification of incorrect information, enabling a prompt response to emergency indicators or a reduction in the occurrence of spam and failures, thus increasing the reliability criteria of IMS

within power station APCS. It is essential to note that specific assumptions and restrictions were introduced during the development of the dynamic fractal cluster model for the structure of the information space within the power station's IMS. The technological process, depicted as a dynamic system in the information space, is characterized by randomness, chaos, instability, non-linearity, and autonomy in a three-dimensional phase space.

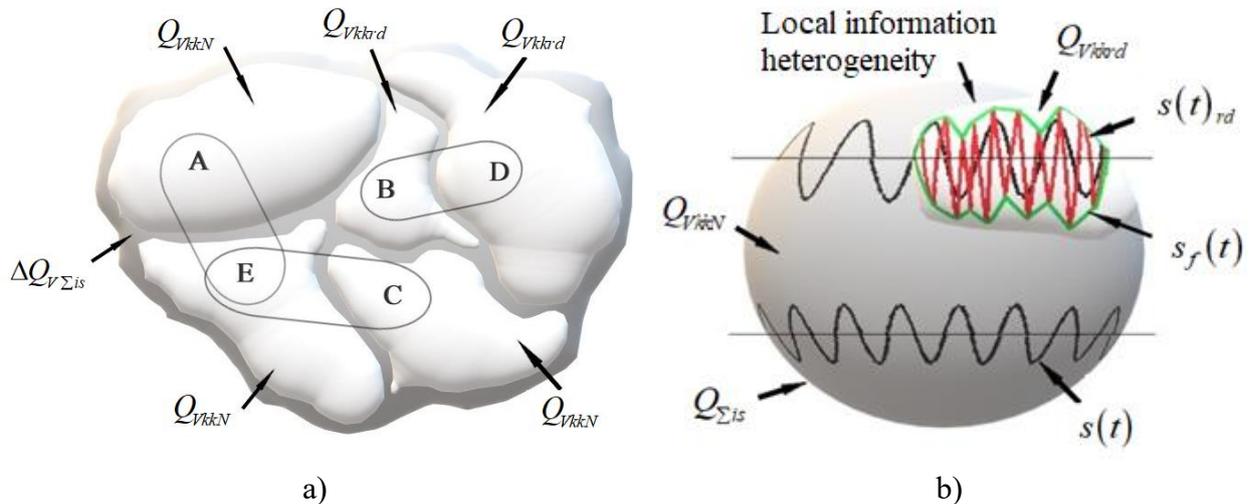


Fig. 1. Graphical representation of the form of cluster-cluster aggregations (a) in process of a random information signal encountering obstacles (b): Q_{VkkN} – volume the cluster of aggregations with normalized signal values about the parameters of technological process; Q_{Vkkrd} – volume of cluster-cluster aggregations with emergency signs;

Dynamic variables such as space coordinates and time characterize the time it takes for parameters to return to normalized values since the technological cycle. This comprehensive approach addresses the complex nature of power station operations, contributing to improved system reliability and a timely response to emergencies.

Conclusion. A technique for identifying emergency indicators during deviations from standard process parameters has been suggested. This method involves evaluating the fractal characteristics of the phase data space volume as random data signals, exhibiting both quantitative and qualitative changes in fractal and information dimensions, traverse through it. Additionally, it has been demonstrated that alterations in the volume of data space in random chaotic systems correspond to changes in signal energy within that volume. The potential loss of energy is linked to variations in dimensions within fractal structures of cluster-cluster aggregations in three-dimensional phase space.

References

1. Budanov P., Brovko K., Cherniuk A., Vasyuchenko P., Homenko V. (2018). Improving The Reliability Of Information-Control systems At Power Generation Facilities Based on The Fractal-Cluster Theory. Eastern-European Journal of Enterprise Thechnologies. 2/9(82). P. 4-12
2. Govorov P., Budanov P., Brovko K. (2017). Identification Of Emergency Regimes Of Power Equipment Based On The Application Of Dynamic Fractal-Cluster Model. International Scientific Conference UNITECH 2017 Gabrovo : Proceedings (17-18 november 2017, Gabrovo). Gabrovo, V1. P. 57-58

PROBABILITY CALCULATIONS OF SPACE DEBRIS COLLISION WITH AN ACTIVE SPACE OBJECT

Cherednikov O.¹, Iurchenko M.², Marchak K.³

¹State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Cherkasy, Ukraine

²Klaipeda University, Lithuania

³Ukrainian Center for Information Technology and the National Registry, Kyiv, Ukraine

Abstract. The problem of contamination of near-Earth space with "space debris" emerged as a purely theoretical one practically after the launch of the first artificial Earth satellites in the late 1950s. The increase in the proportion of small and medium-sized space debris leads to a decrease in the transparency of the near-Earth region, disrupting the balance of Earth's light and heat exchange. Fuel components, including heptyl, that reach the surface are potent carcinogens. At present, a number of models have been developed to assess the state and forecast the contamination of near-Earth space. It should be noted that all these models predict exponential growth of defunct objects in the future.

Keywords: space debris, active space object, statistical methods, modeling

Introduction. Currently, there are no measurement tools for monitoring small elements of space debris. The goal of the work is to improve the probabilistic-statistical approach for assessing potential collisions of active spacecraft with small spent objects. In this context, information technologies play a crucial role in ensuring the safety of space missions and managing space by calculating collision probabilities and developing appropriate risk management strategies.

The purpose of the work. In this work, we propose a method for calculating the probability of potential collisions between space objects as they pass through object-distributed formations of space debris.

Formulation of the problem. Currently, several models have been developed to assess the state and forecast the cluttering of near-Earth space. It should be noted that the application of some models yields contradictory results due to the probabilistic nature of the collected data. Tracking and evaluating small fragments of space debris can only be achieved through the use of statistical methods.

Solving the problem. As of August 10, 2023, according to data from the European Space Agency (ESA) [1], there are 32,690 cataloged and regularly tracked objects of space debris with a total mass of over 10,900 tons on all near-Earth orbits. The issue of space debris is discussed within the framework of the Committee on Space Research (COSPAR), the International Academy of Astronautics (IAA), the International Astronautical Federation (IAF), the International Institute of Space Law (IISL), as well as the Association of International Law and other international forums.

For large and noticeable objects of space debris, methods for their removal from orbits around the Earth are being developed and improved. Some of these methods have already been successfully tested, such as the method using an electrostatic field, laser ablation method [2], as well as the method using harpoons and nets for capturing and removing objects. Authors [3] presented technical developments of the ground-based radar SSM, which potentially can detect some relatively small debris fragments. Technology for space debris removal called ADR is described in [4], which allows restraining its exponential growth through collisions and stabilizing its quantity at an acceptable level. However, as noted by the authors, this technology requires further refinement.

We consider that during the disk's motion through a cloud of space debris fragments, a certain volume V is formed, which changes over time, i.e. $V = V(t)$. In this case, the trajectory of the disk's motion $V(t)$ through the volume can be expressed as $S = S(t)$. If the trajectory $S(t)$ of the disk is such that the disk passed through point A at time $t = t_1$ and through point D at time $t = t_2$, then

$$V_s(t_1) = 0 \text{ and } V_s(t_2) = V_T,$$

where V_T is the total dynamic volume formed by the disk's motion along the trajectory $S(t)$ from point A(t_1) to point B(t_2).

We assume that the fragments of space debris in the cloud have a uniform density, and at any given moment, two volumes $V(t)$ are equal to each other, i.e.,

$$V_1 = V_s(t_1), V_2 = V_s(t_2),$$

$$P_{[one\ particle \in V_1]} = P_{[one\ particle \in V_2]} = C_1^N p_1 q_1^{N-1},$$

where $p_1 = V_1/V, q_1 = 1 - p_1$.

Under the condition that the volume remains constant over time, we have:

$$P_{[n\ particles \in V_T]} = C_n^N \left(\frac{V_T}{V}\right) \left(\frac{V-V_T}{V}\right)^{N-n} = P_{[collision\ with\ n\ particles\ (t_1, t_2)]}.$$

The probability of a disk colliding with n fragments of space debris during a time interval θ is determined as follows:

$$P_n(t) = P_{[E\ determined\ by\ the\ state\ E_n, \theta=t, \text{ and by the state } E_i, \theta=t_1]},$$

$P_k(t) = 0$ for $k \leq 0$ i $P_i(t_1) = 1$ for the initial state E_i .

Assuming that the time interval $\Delta t \rightarrow 0$, and the process of random collisions with space debris objects is a Poisson process. Thus, the probability of a disk colliding with fragments of space debris during a short time interval has the following form:

$$P = N \frac{\Delta V_s(t)}{V(t)} = N \left[\frac{\Delta V_s(t)}{\Delta t} \right] \left[\frac{1}{V(t)} \right] \Delta t, \quad \Delta t \rightarrow t.$$

The process of random collisions of particles with a moving object can be represented as follows:

$$P_n(t + \Delta t) = P_{n-1}(t)W(t)\Delta t + P_n(t)[1 - W(t)\Delta t] + o(\Delta t),$$

where $W(t) = N \left[\frac{\Delta V_s(t)}{\Delta t} \right] \left[\frac{1}{V(t)} \right]$.

The number of collisions within a time interval

$$V_T = A \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt,$$

where A – the area of the disk

Obtain the probability

$$P_n(t_2) = \frac{1}{n!} \left(N \frac{A\bar{v}\Delta\tau}{\bar{V}} \right)^n \exp \left(-N \frac{A\bar{v}\Delta\tau}{\bar{V}} \right).$$

Conclusion. Thus, the distribution laws have been determined and the probability of collision between space debris fragments and an active space object has been found. The presented calculations will allow minimizing collisions of active objects with small debris elements and preventing the occurrence of a cascade effect.

References

1. ESA-The European Space Agency //ESA. – 2023. – <https://www.esa.int>.
2. L. Huang L., Qu Y., Wang J. (2022). Space Debris Removal Ground-based Laser Nudge De-orbiting System and Modeling Process. "2022 IEEE 10th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC), Chongqing, China, 2022, pp. 478-483.
3. U. Nithirochananont, S. Channumsin, S. Sreesawet, K. Puttasuwan and P. Saingyen, "Preliminary Study to Enhance the Capability of Space Surveillance using Ground-based Radar at GISTDA," (2022) 37th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC), Phuket, Thailand, 2022, pp. 1-4.
4. L. Mariani "Space Debris Observation activities at S5Lab: from telescope measurements to orbit and attitude determination," 2020 IEEE 7th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace), Pisa, Italy, 2020, pp. 66-71.

ANOMALY DETECTION

Hodlevskiy Y.¹, Vakaliuk T.^{2,3,4,5}

¹ Infopulse Ukraine, Zhytomyr, Ukraine

² Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

³ Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴ Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

⁵ Academy of Cognitive and Natural Sciences, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. Detecting anomalies is valuable for preventing system failures and enhancing automated system efficiency. Employing various sensors within automated systems makes it possible to gather data about specific system parameters, enabling real-time monitoring. However, visualizing system indicators and analyzing them visually is not efficient, leading to unnecessary human resource consumption. Alternatively, setting sensor threshold values allows the system to alert if any parameter surpasses them. Yet, this approach isn't foolproof; abnormal readings within these limits may go unnoticed or changes in sensor range might generate numerous false alerts. Anomaly detection in time series data is critical in identifying unexpected events, irregular patterns, and deviations from normal behaviour. This research explores various methodologies for detecting time series data anomalies, emphasizing classical statistical approaches and modern machine-learning techniques.

Keywords: Anomaly, Recurrent Neural Networks, Anomaly Detection, Time Series.

Introduction and problem statement. In the digital transformation era, many industries use automated control systems, which often experience anomalies in their operation. Detecting anomalies is valuable for preventing system failures and enhancing automated system efficiency. Employing various sensors within automated systems makes it possible to gather data about specific system parameters, enabling real-time monitoring. However, visualizing system indicators and analyzing them visually is not efficient, leading to unnecessary human resource consumption. Alternatively, setting sensor threshold values allows the system to alert if any parameter surpasses them. Yet, this approach isn't foolproof; abnormal readings within these limits may go unnoticed or changes in sensor range might generate numerous false alerts. Anomaly detection in time series data is critical in identifying unexpected events, irregular patterns, and deviations from normal behaviour [1; 2].

Work goal. This research explores various methodologies for detecting time series data anomalies, emphasizing classical statistical approaches and modern machine-learning techniques.

Results. An anomaly is an observation or data point significantly deviating from a dataset's expected or normal behaviour. Anomalies are often unexpected and rare and can indicate unusual patterns, errors, or potential issues. Detecting anomalies is crucial in various domains, including finance, cybersecurity, healthcare, and industrial processes. Effective anomaly detection helps improve decision-making and system reliability. The following types of anomalies can be defined: anomalies can be categorized as point anomalies (single data points), contextual anomalies (context-dependent deviations), and collective anomalies (groups of related data points).

Point Anomalies: refer to individual data points that significantly deviate from the expected behavior. An example of this type can be:

1. Credit card fraud: a single transaction with an unusually large amount compared to the user's typical spending pattern.
2. Sensor readings: a sudden spike in temperature readings from a temperature sensor due to a malfunction.
3. Stock market: an extreme stock price movement (e.g., flash crash) that stands out from the regular fluctuations.

Contextual anomalies depend on the context or surrounding conditions. They may not be anomalous in all situations. Example of this type:

1. Web traffic: a sudden increase in website traffic during a significant event (e.g., Black Friday) is standard but would be anomalous during off-peak hours.

2. Temperature: a temperature of 100°F might be typical in summer but anomalous in winter.
3. Network latency: a delay in data transmission might be acceptable during non-peak hours but anomalous during critical real-time.

Collective anomalies involve groups of related data points that exhibit abnormal behaviour together. Example of this type:

1. Network attacks: a coordinated Distributed Denial of Service (DDoS) attack involving multiple IP addresses targeting a server.
2. Power grid: a sudden drop in voltage across multiple substations due to a system-wide fault.
3. Health monitoring: abnormal heart rate patterns across multiple patients in a hospital ward.

It can be detected using different methods and algorithms based on anomaly type. First of all, it can be detected by statistical methods like:

1. Z-Score and Modified Z-Score: detect anomalies based on standard deviations from the mean.
2. Percentile-based methods: Identify anomalies using percentiles (e.g., Tukey's fences).
3. Seasonal decomposition: Separate seasonal and trend components for anomaly detection.

Another variant uses machine learning methods to predict and match value with actual value [1; 2]. One of the most popular methods to detect anomalies in time series data is Recurrent Neural networks like LSTM or GRU, which can predict a time series based on previous learning data and calculate differences between actual and predicted values. In this case, it is necessary to set the correct parameters to show whether the difference between the real and the predicted data is an anomaly.

In anomaly detection, it is necessary to pay attention to different challenges in this process because data can change, and the method or algorithm should be ready to adapt to changing data distributions over time. Another problem is that data can be imbalanced, and it is necessary to pay attention to prepare your data correctly by using normalization and standardization. Another challenge is anomaly detection in multivariate time series, as there is a need to understand the relation between different features. The last challenge is practical insights and limitations; we need to understand how far predicted values should be located from the actual point and the definition of anomaly for the current task.

Conclusions. This research contributes to anomaly detection by providing a comprehensive overview of techniques, practical guidelines, and insights for researchers, practitioners, and decision-makers.

References

1. Jony, A.I., Arnob, A.K.B.: A long short-term memory based approach for detecting cyber attacks in IoT using CIC-IoT2023 dataset. *Journal of Edge Computing*. 2024. doi: <https://doi.org/10.55056/jec.648>
2. Hodlevskiy, Y. O., Vakaliuk, T. A., Chyzhmotria, O. V., Chyzhmotria, O. G., Vlasenko, O. V.: Finding Anomalies in the Operation of Automated Control Systems Using Machine Learning. In: *CEUR Workshop Proceedings 3373*, pp. 681–698 (2023). URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3373/paper47.pdf>

AUTOMATED MODE OF IMPROVEMENT OF THE QUALITY CONTROL SYSTEM FOR NUCLEAR REACTOR FUEL ELEMENT SHELL TIGHTNESS

Khomiak E.¹, Trishch R.^{1,2}, Zabolotnyi O.¹, Cherniak O.³, Lutai L.¹, Katrich O.¹

¹National Aerospace University, Kharkiv Aviation Institute, Kharkiv, Ukraine

²Mykolas Romeris Universiti, Vilnius, Lithuania

³Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The article deals with the problem of quality control of the tightness of the shell of nuclear reactor fuel elements. It is proposed to improve the control system by introducing an information and measuring module for detecting defects as a subsystem of the automated process control system of a nuclear power unit. The algorithm of the fractal method of quality control is present-ed, which determines the sequence of operations to determine the location, type and size of defects on the surface of the shells by calculating the fractal dimension indicators. A block diagram of the computing module for implementing the algorithm for estimating the fractal dimension of defects in the shell material was developed. The structural and functional scheme of the system was improved by integrating a computing module that provides data processing on the quality of the seal and the transfer of information to the control system. The practical value lies in the information and measuring unit for detecting defects, which allows real-time assessment of the quality of the shells' tightness and transmitting data to an automated workstation for making decisions on the operation of leaky fuel elements.

Keywords: Automated Control System, Shell Tightness Quality Control, Fuel Element, Information and Measuring Module.

Introduction. Ensuring the reliable and safe operation of nuclear reactors is a critical task for the nuclear power industry. One of the key elements that determines the reliability and safety of a reactor is the tightness of the fuel element shell (FES) [1, 2].

The fuel element is a barrier that keeps nuclear fuel fission products inside and prevents them from entering the environment. Loss of shell integrity can lead to serious consequences, such as contamination of the coolant, impaired heat removal, and the risk of severe accidents. At modern nuclear power plants, the containment monitoring system does not provide information on the quality of the fuel element containment parameters in an automated manner [3, 4].

The purpose of the work. The aim of the work is to develop an information and measuring module for the system for monitoring the tightness of the fuel element shell. This module will allow automated transmission of information to the workplace of a nuclear power plant operator. Information on the quality of the state of the fuel element shell parameters in real time.

Formulation of the problem. Traditional methods of fuel element shell tightness control used at nuclear power plants: hydraulic, penalty, gas, eddy current, magnetic, capillary and electrographic, and others, have a number of disadvantages, including limited accuracy, labor intensity and inability to detect small defects at early stages of depressurization. All the methods used in the shell tightness monitoring system start their work only when the fuel element depressurization has already occurred.

Therefore, timely and efficient quality control of fuel element shell and transfer of this information to the operator's workstation in an automated mode is an extremely important task.

Solving the problem. To control the tightness of fuel element shell, a specialized information and measurement module integrated into the automated process control system (APCS) of a nuclear power unit is proposed. This module implements the developed algorithm for detecting defects in fuel element shell based on fractal data analysis, which allows determining the location, type, and size of defects in real time.

The key advantage of the developed approach is the ability to continuously monitor the state of tightness of the shells and promptly transfer data to an automated workstation. This ensures timely detection of leaky fuel assemblies and allows making informed decisions on their further operation or removal from the reactor.

To implement the algorithm, specialized software and hardware of the information and

measurement module was developed. The module is capable of collecting data on the condition of fuel element shells, processing them in real time and determining the presence, location, type and size of defects. The obtained data on the state of tightness of fuel element shell is transmitted to the automated workstation of the process control system operator to make decisions on further operation or removal of leaking fuel elements from the reactor.

In order to combine the computing module of the fuel rod shell density control system with the software and computer complex of the NPP power unit's automated process control system, the information and algorithmic scheme of the automated process control system was improved during the operation of the module for detecting defects in fuel rod shell in emergency modes of NPP power unit operation (Fig. 1).

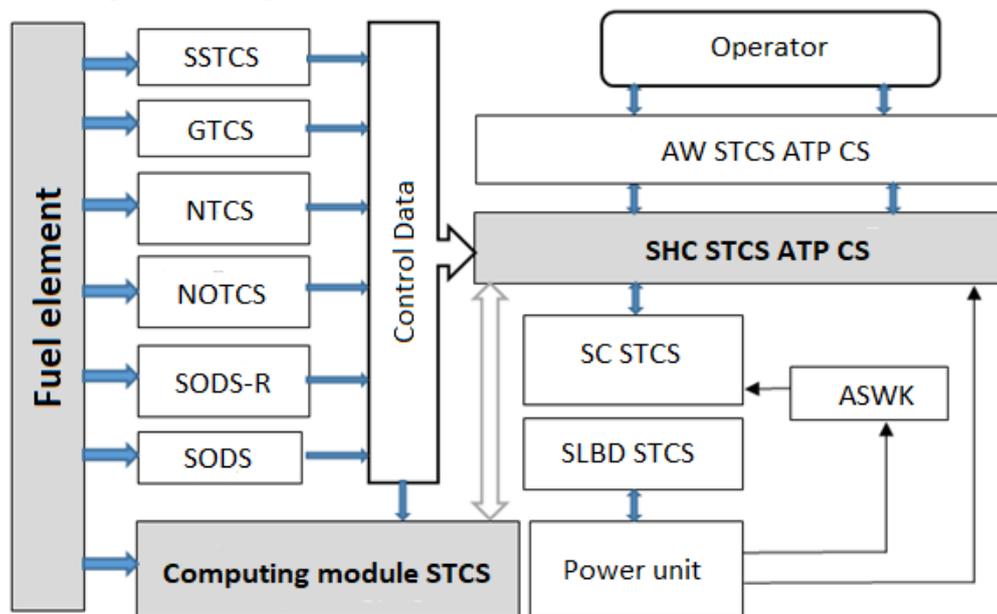


Fig. 1. Improved structural and functional system of the shell of the fuel element of the nuclear reactor tightness control system.

Conclusion. The use of an information and measuring unit for detecting and measuring defects in fuel element shell is substantiated, which allows implementing the computational (measuring) algorithm of the control method, as well as processing information on the degree of tightness of the fuel element shell in real time and transmitting it to the software and computer complex of the NPP power unit's ACCP to the operator's automated workstation for making decisions on the operation of leaky fuel rods and fuel assemblies of a nuclear reactor. At the same time, the measurement error is reduced by at least 1.25 times compared to existing measurement methods for the NPP fuel rod shell tightness control system.

References

1. Budanov P., Kyrsov I., Brovko K., Rudenko D., Vasiuchenko P., Nosyk A.: Development of a Solar Element Model Using the Method of Fractal Geometry Theory. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 3/8(111), 75-89 (2021). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235882>
2. Budanov P., Khomiak E., Kyrsov I., Brovko K., Kalnoy S., Karpenko O.: Building a model of damage to the fractal structure of the shell of the fuel element of a nuclear reactor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 4(8 (118), 60-70 (2022). <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263374>
3. Trishch R., Nechuiwiter O., Hrinchenko H., Bubela T., Riabchykov M., Pandova I.: Assessment of safety risks using qualimetric methods. *MM Science Journal*, 6668-6674 (2023). DOI:10.17973/MMSJ.2023_10_2023021
4. Trishch R., Cherniak O., Kupriyanov O., Luniachek V., Tsykhanovska I.: Methodology for multi-criteria assessment of working conditions as an object of qualimetry. *Engineering management in production and Services* 13(2), 107-114 (2021). doi: 10.2478/emj-2021-0016

СУЧАСНІ МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Нікітченко Ю.¹, Бакуліч О.², Голоденко В.²

¹Eberswalde University for Sustainable Development, Germany,

²Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. В роботі автори розглянути сучасні інновації для покращення еколого-економічної ефективності транспортного підприємства. Наведені кілька прикладів програми Smart Mobility для України. Висвітлено роль інформаційних технологій у вдосконаленні управління транспортними мережами, що сприяє зниженню витрат та покращенню середовища.

Ключові слова: блокчейн, цифрові платформи, штучний інтелект, управління, інновації.

MODERN MOBILE TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE TRANSPORT COMPANY

Nikitchenko Y.¹, Bakulich O.², Holodenko V.²

¹Eberswalde University for Sustainable Development, Germany,

²National Transport University, Kyiv, Ukraine

Abstract. In this paper, the authors consider modern innovations to improve the environmental and economic efficiency of a transport enterprise. Several examples of the Smart Mobility program for Ukraine are presented. The role of information technology in improving the management of transport networks, which helps to reduce costs and improve the environment, is highlighted.

Keywords: blockchain, digital platforms, artificial intelligence, management, innovation.

Вступ. Впровадження сучасних технологій та інновацій є невід'ємною частиною стратегії покращення еколого-економічної ефективності транспортного підприємства. Це дозволяє не лише підвищити конкурентоспроможність, а й зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Розглянемо кілька світових тенденцій для покращення еколого-економічної ефективності транспортного підприємства.

Мета роботи. Розглянути сучасні технології для покращення еколого-економічної ефективності транспортного підприємства.

Постановка проблеми. Незадоволеність високими витратами на паливо та викидами газів у транспортному секторі відображає загальний негативний вплив на довкілля та обмежує можливості для покращення економічної ефективності підприємств. В контексті сучасних технологій, відсутність використання екологічних інновацій у транспортних підприємствах стає фактором, що ускладнює їх конкурентоспроможність та створює ризик втрати ринкової частки. Це підтверджує необхідність впровадження сучасних технологій для покращення еколого-економічної ефективності транспортних підприємств.

Основна частина. Програма Smart Mobility для України може включати різноманітні застосування технологій для покращення транспортної системи [1]. Наведемо кілька прикладів застосування:

1. Розумне управління трафіком:

- Використання алгоритмів штучного інтелекту для прогнозування та оптимізації потоків транспорту для зменшення заторів і покращення ефективності дорожнього руху.
- Впровадження систем координації світлофорів на основі даних про трафік для забезпечення плавного руху автомобілів.

2. Розвиток громадського транспорту:
 - Створення мобільних додатків для планування маршрутів і купівля квитків онлайн для зручності користувачів громадського транспорту.
 - Впровадження електричних або гібридних автобусів з мережами зарядних станцій для зменшення викидів шкідливих речовин.
3. Спільне використання транспорту:
 - Розвиток платформ для зменшення кількості автомобілів на дорогах і покращення використання транспортних ресурсів.
 - Впровадження систем розшуку паркувальних місць та їх бронювання через мобільні додатки для зменшення заторів і ефективного використання простору.
4. Екологічно чисті технології:
 - Збільшення використання електромобілів та інфраструктури зарядних станцій для зменшення викидів транспортних засобів.
 - Впровадження систем моніторингу викидів для контролю за рівнем забруднення повітря.
5. Цифрова інфраструктура:
 - Розвиток цифрових платформ для обміну даними між транспортними системами та послугами для полегшення мобільності та зменшення бюрократичних перешкод.
 - Створення мобільних додатків для планування маршрутів і покупки квитків онлайн для зручності користувачів громадського транспорту.
 - Впровадження електричних або гібридних автобусів з мережами зарядних станцій для зменшення викидів шкідливих речовин.

Однак існує ще багато проблем із впровадженням програм Smart Mobility таким чином, щоб максимізувати переваги для України та водночас мінімізувати будь-які негативні наслідки. Відсутність узгодженості національного законодавства та відсутність соціального схвалення є лише двома прикладами проблем, які можуть перешкоджати їхширокомасштабному розгортанню [2].

Висновки. Розглянуті приклади програми Smart Mobility, які можуть покращити еколого-економічну ефективності транспортних підприємств. Програми є не лише засобом забезпечення зручності для користувачів, але й важливим інструментом для забезпечення екологічності та сталості міського розвитку. Шлях до успішної реалізації вимагає постійного вдосконалення технологій, а також уваги до потреб громадян та екологічних вимог.

Список використаних джерел

1. Wilminck, I.R., Beemster, F.I., Snelder, M, and Vonk Noordegraaf, D.M. (2019) Estimating impacts of innovative mobility concepts with the New Mobility Modeller, TNO, Paper for to the 13th ITS European Congress, Brainport, the Netherlands, 3-6 June 2019.
2. Aittoniemi (2018) Elina Aittoniemi, Viktoriya Kolarova, Yvonne Barnard, Katerina Touliou, Bart Netten. How may connected automated driving improve quality of life? 25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 17-21 September 2018.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Вислоух С.П.¹, Волошко О.В.¹, Іваненко Р.О.²

¹КПІ імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна

²УНДІ спеціальної техніки та судових експертиз, Київ, Україна

Анотація. Розглядаються питання вибору ефективного методу моделювання роботи виробничих систем. В якості такого методу пропонується використовувати мережі Петрі. Наведено узагальнений алгоритм моделювання та оптимізації завантаження обладнання виробничої системи й результати апробації запропонованої методики.

Ключові слова: виробнича система, оптимізація, моделювання, автоматизація.

MODELING AND OPTIMIZATION OF PRODUCTION SYSTEMS

Vysloukh S.¹, Voloshko O.¹, Ivanenko R.²

¹National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

²The Ukrainian scientific and research Institute of special equipment and forensic expertise, Kyiv, Ukraine

Abstract. Issues of choosing an effective method of modeling the operation of production systems are considered. As such method, it is proposed to use Petri nets. A generalized algorithm for modeling and optimizing the loading of production system equipment and the results of the approbation of the proposed methodology are given.

Keywords: production system, optimization, modeling, automation.

Вступ. В сучасних умовах досить раціональним та перспективним методом моделювання роботи виробничих систем є імітаційне моделювання, що використовує апарат мереж Петрі. Метод дозволяє досить швидко формалізувати та обробити великі потоки інформації, які мають місце в сучасних виробничих системах, легко моделювати складні зв'язки між компонентами системи, виконувати оптимізацію роботи за вибраними критеріями [1-4].

Постановка задачі та моделювання виробничої системи. В якості графічного засобу мережі Петрі доцільно використовувати для наочного представлення систем, що моделюються, подібно блок-схеми, структурної схеми та мережевого графіка. Поняття фішок, що вводиться в мережах Петрі, дозволяє моделювати динаміку систем та паралельні процеси. В якості математичного засобу аналітичне представлення мереж Петрі дозволяє створити рівняння стану системи, алгебраїчні рівняння та інші математичні співвідношення, що описують динаміку системи.

Першим кроком на шляху побудови моделі виробничої системи є абстрагування від конкретних фізичних і функціональних особливостей її компонентів. Компоненти системи і їхні дії представляються абстрактними подіями. Для вирішення задач, досить представляти дискретні виробничі системи як структури, що утворені з елементів двох типів – подій і умов[4].

У мережах Петрі події та умови представлені абстрактними символами з двох непересічних алфавітів, що називаються відповідно множиною переходів та множиною місць. У графічному представленні мереж переходи зображуються "бар'єрами", а місця - колами. Умови-місця і події-переходи зв'язані відношенням безпосередньої залежності (безпосереднього причинно-наслідкового зв'язку), що зображується за допомогою спрямованих дуг, що ведуть з місць у переходи і з переходів у місця. Місця, з яких ведуть дуги на даний перехід, є його вхідними місцями. Місця, на які ведуть дуги з даного переходу, є його вихідними місцями.

Динаміка функціонування системи, що моделюється, знаходить своє відображення у роботі мережі Петрі. Неформально роботу мережі можна представити як сукупність локальних дій, що є спрацьовуваннями переходів. Вони відповідають реалізаціям подій і призводять до зміни розмітки місць, тобто до локальної зміни умов у системі.

Перехід може спрацювати, якщо виконані всі умови реалізації відповідного події. Наприклад, для так званих ординарних мереж Петрі (окремий випадок прийнятої в даний час версії мереж Петрі) всі вхідні місця переходу повинні містити хоча б по одній фішці.

Спрацьовування переходу – неподільна дія, що змінює розмітку його вхідних і вихідних місць у такий спосіб: з кожного вхідного місця вилучається по одній фішці, а в кожне вихідне місце додається по одній фішці. Тим самим реалізація події, що відображається переходом, змінює стан (ємність) безпосередньо зв'язаних з ним умов так, що ємність передумов, що викликали реалізацію цієї події, зменшується, а ємність постумов, на які воно впливає, збільшується. Перехід може спрацювати, тому що обидва його вхідних місця містять фішки, а після спрацьовування розмітка його вхідних і вихідних місць змінюється.

Таким чином, мережі Петрі формалізують поняття абстрактної системи – динамічної структури з подій і умов. У загальній теорії мереж апарат Петрі розглядається як один зі способів мережного моделювання систем. Вводяться більш загальні мережні моделі. Їхню єдину основу утворює поняття не інтерпретованої орієнтованої мережі з умов і подій, яка описує тільки статичну будову системи. Самою загальною в спектрі динамічних мережних моделей є, умовно - подійна система, що є мережею, яка доповнена правилами змін умов у результаті реалізації подій. Мережу Петрі можна вважати конкретизацією умовно - подійної системи.

На основі зазначеного умовно - подійного підходу, який є базисом апарату мереж Петрі, було розроблено систему моделювання та оптимізації роботи виробничих об'єктів. Система складається з двох модулів. Перший модуль цієї системи дозволяє здійснювати оптимізацію роботи цеху механічної обробки шляхом знаходження індивідуального маршруту пересування кожної деталі з партії по верстатах з урахуванням можливості виконання поточної операції на даному верстаті. В результаті мінімізується час простою кожної одиниці обладнання, задіяного при виготовленні деталей. Як наслідок, відбувається значне скорочення виробничих витрат, що відображається на собівартості продукції та її конкурентоспроможності на ринку.

Другий модуль системи дозволяє проводити моделювання роботи складального цеху та визначати час простою на кожному робочому місці. Ця інформація може використовуватися в якості керуючої при організації зв'язків між робочими місцями та вносити певні корективи в розподілення операцій на переходи та прив'язки їх певних робочих місць з метою пошуку найбільш раціональної структури виробничої системи. Кінцевою метою є мінімізація часу простою кожного з робочих місць.

Висновки. Система автоматизованого моделювання та оптимізації роботи виробничих систем з використанням апарату мереж Петрі показала себе надійним та універсальним засобом, що є досить зручним у використанні та не потребує особливих навичок. Використання її забезпечує значне скорочення часу виготовлення деталей приладів та виробів в цілому. Таким чином з'являється можливість економити матеріальні та фінансові ресурси, що відображається на кінцевій вартості виробів, що виготовляються. Розроблену систему рекомендується використовувати, якщо є нагальним питання найбільш ефективної побудови виробничої системи та зменшення простою технологічного обладнання, що може бути обумовлене великими об'ємами виробництва та складністю міжкомпонентних зв'язків системи.

Список використаних джерел

1. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під

- заг. ред. М.П. Мазура. 3-е вид. перероб. і доп. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 471с. URL: <http://xn-e1ajqk.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Mazur-M.-P.-Osnova-teori-rizannya-meterialiv.pdf>
2. Глоба О.В., Вислоух С.П., Іваненко Р.О. Комплексна оптимізація процесу фрезерування на верстатах з ЧПК. //РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ №2(9), 2021, С. 7-19. URL: <https://doi.org/10.33082/td.2021.2-9.01>
 3. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи : підручник / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. 228 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42195>
 4. Вислоух С. П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва : монографія / С. П. Вислоух. К. : НТУУ «КПІ», 2011. 488 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Мисник Б.В., Вакуленко Н.П.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Анотація. Забезпечення рівня якості програмного забезпечення включає в себе широкий спектр методів і підходів на кожному етапі розробки і супроводу. Зокрема тестування, автоматизоване тестування та структурний аналіз на етапі проектування програмного забезпечення. Об'єктом дослідження є підходи перевірки якості програмного забезпечення на кожному етапі його розробки і супроводу. Предметом дослідження є методи та засоби забезпечення рівня якості програмних застосунків та систем, зокрема структурний та динамічний аналіз. У роботі виконано огляд та проаналізовано методи і підходи контролю якості програмного забезпечення в залежності від етапу розробки. Розглянуто способи та методика для синтезу та аналізу моделі програмного забезпечення з паралелізмом, які базуються на комбінованому підході до імітаційного моделювання з можливістю застосування даної методики для підвищення якості програмного забезпечення.

Ключові слова: тестування програмного забезпечення, імітаційне моделювання, якість програмного забезпечення.

IMPROVING SOFTWARE QUALITY USING APPLICATION OF SIMULATION MODELING

Mysnyk B., Vakulenko N.

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Ensuring the level of software quality includes a wide range of methods and approaches at each stage of development and maintenance. As well, it includes testing, automated testing and structural analysis at the software design stage. The object of the research is software quality assurance approaches at each stage of its development and maintenance. The subject of the research is methods and means of ensuring the level of software quality, in particular, structural and dynamic analysis. The work reviewed and analyzed the methods and approaches of software quality control depending on the stage of development. reviewed methods and techniques for the synthesis and analysis of a software model with parallelism, which are based on a combined approach to simulation modeling with the possibility of applying this technique to improve the quality of software.

Keywords: software testing, simulation modeling, software quality.

Вступ. Під час проектування програмних систем ключовим є досягнення високого рівня якості в їхній працездатності та передбачуваності їхньої поведінки. На цьому етапі необхідно створювати та аналізувати різні моделі, пов'язані з їхньою структурою, функціональністю та інформаційною складністю (1). Такі моделі зазвичай мають значний рівень паралелізму, що може призводити до непередбачуваного функціонування розроблюваної системи (2).

Постановка задачі. Виявлення проблемних ділянок у моделі є актуальним завданням, як один з додаткових етапів підвищення якості програмного забезпечення. Для практичного використання важливо не лише ідентифікувати ці проблемні моменти, але й пропонувати рішення, що спрямовані на їх вирішення або значної мінімізації.

Мета роботи. Для підвищення рівня якості програмних застосунків та систем пропонується використання моделювання для виключення більшої кількості помилок різних видів на етапах проектування програмного забезпечення.

Основна частина. Моделювання може розглядатися як один із видів тестування (3), але зазвичай його використовують для аналізу та оцінки системи, а не для безпосереднього виявлення помилок. Це більше інструмент аналізу, ніж тестування в звичайному розумінні.

У програмуванні та інженерії програмного забезпечення моделювання полягає у створенні абстрактних представлень реальних систем або їх компонентів. Ці моделі можуть включати структурні, функціональні, та інші характеристики системи.

Використання моделювання в тестуванні може полягати у відтворенні окремих аспектів системи для аналізу їхньої поведінки, умов відмов, продуктивності тощо. Наприклад, в імітаційному моделюванні можуть використовуватися моделі для аналізу відмовостійкості системи під час різних умов або навантажень.

Найважливішим та складним аспектом при моделюванні є опис визначення способів взаємодії паралельних процесів і процесів, що конкурують [4] на внутрішньокomпонентному та міжкомпонентному рівнях. Це необхідно для оцінки надійності системи і взагалі її працездатності.

Для моделювання динамічних складників систем найбільш ефективними виявились технології імітаційного моделювання, а особливо імітаційні моделі на основі мереж Петрі [5].

Вказана концепція має чіткий математичний опис, що дозволяє аналізувати статичні та динамічні характеристики аналітично. Крім того, ця концепція будується на принципі структурної аналогії, що дозволяє проводити візуальний аналіз під час створення моделі та її імітаційного моделювання. Це має велике значення як при проектуванні програмних компонентів, так і при їх об'єднанні в єдиний програмний продукт, а також при аналізі вже реалізованого програмного забезпечення [6].

При використанні комбінованого підходу, що включає створення моделі програмного забезпечення на основі мережі Петрі, не завжди можна точно визначити потенційно критичні елементи цієї моделі. Тому пропонується методика синтезу та аналізу комбінованої імітаційної моделі програмного забезпечення [7], яка передбачає використання імітаційного моделювання для виявлення "поверхневих" помилок і побудови матричного опису моделі. Такий опис дозволяє провести більш глибокий аналіз на основі перевірки динамічних характеристик.

Висновки. В результаті дослідження, для підвищення якості програмного забезпечення та, як результат, зменшення витрат на його супровід, запропоновано крім класичного тестування на різних етапах розробки і впровадження використовувати підхід імітаційного моделювання системи. Запропонована методика передбачає використання комбінованого підходу на основі ієрархічних мереж Петрі. Це сприяє відповідності вимогам щодо стійкості до змін та можливості масштабування програмних систем.

Список використаних джерел

1. Стоян В.А. Моделювання та ідентифікація динаміки систем із розподіленими параметрами. // К.: ВПЦ «Київський університет». 2008. 201 с.
2. Супруненко О.О., Онищенко Б.О., Гребенович Ю.Є. Аналіз прихованих помилок у моделях програмних систем на основі мереж Петрі. // Електронне моделювання, 2022. Т.44. №2. С. 38-50. DOI: <https://doi.org/10.15407/emodel.44.02.038> (Suprunenko O.O., Onyshchenko B.O., Grebenovych J.E. (2022) Analysis of hidden errors in the models of software systems based on Petri nets. Electronic Modeling, Vol. 44, N. 2, 38-50.).
3. Lewis, William E., Software testing and continuous quality improvement//CRC Press LLC, 2005. 534 p.

4. Suprunenko, O. (2021). Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(4(112)), 74-82. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239212>.
5. Jensen K., Rozenberg G. High-level Petri Nets: Theory and Application. // Springer Science & Business Media. 2012. 724 p.
6. Suprunenko, O. (2021). Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(4(112)), 74–82. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239212>.
7. Suprunenko, O., Onyshchenko, B., & Grebenovich, J. (2023). Improving the efficiency of dynamic analysis of the combined simulation model for software with parallelism. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (2(123)), 26–34.

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

Підгорний М.¹, Засядько А.², Бойко В.¹, Литовченко В.², Денчик О.³

¹Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

²Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

³J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co. KG, Rosenbeg, Germany

Анотація. В статті надано результати оцінки комплексної ефективності інформаційно-керуючих систем. Управління логістичними системами на прикладі аналізу пасажирських перевезень, потребує високої якості та ефективності процесу розробки та практичної реалізації організаційно-технічних та логістично-методичних заходів. Ефективність логістичних інформаційно-керуючих систем визначається можливістю їх інтеграції в поточні транспортні процеси. Застосування логістичних інформаційно-керуючих систем (ЛІКС) на основі використання сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій встановлює комплексний зв'язок між усіма учасниками логістичної мережі. Авторами виконано прогнозування пасажиропотоку громадським транспортом методом довгої короткострокової пам'яті (LSTM).

Ключові слова: транспортна система, прогнозування пасажиропотоку, LSTM.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF LOGISTICS INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

Pidhornyy M.¹, Zasyadko A.², Boyko V.¹, Lytovchenko V.², Denchyk O.³

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Cherkasy, Ukraine

³J. Rettenmaier & Söhne GMBH Co. KG, Rosenbeg, Germany

Abstract. The article presents the results of assessment of the complex efficiency of information and control systems. Management of logistics systems on the example of the analysis of passenger transportation requires high quality and efficiency of the process of development and practical implementation of organizational, technical, logistical-methodical measures. The efficiency of logistic information and control systems is determined by the possibility of their integration into current transport processes. Application of Logistic Information and Control Systems (LICS) on Based on the use of modern information and computer technologies, it establishes a comprehensive connection between all participants in the logistics network. The authors predicted passenger traffic by public transport using the long short-term memory (LSTM) method.

Keywords: transport system, passenger traffic forecasting, LSTM.

Вступ. Особливістю розвитку галузей діяльності в сучасному світі є необхідність більш раціонального використання виробничого потенціалу, економії всіх видів ресурсів,

удосконалення системи управління. У ході еволюції розуміння цілей та завдань логістичних інформаційно-керуючих систем (ЛІКС) управління пасажирськими перевезеннями, як інструментарію в ланцюзі перевезення пасажирів, потребує високої якості та ефективності цього процесу шляхом розробки та практичної реалізації відповідних організаційно-технічних та логістично-методичних заходів.

Мета публікації. Необхідність комплексної оцінки ефективності використання інформаційно-керуючих систем для вирішення задач управління процесами пасажироперевезення із забезпечення якості та ефективності комплексного транспортного обслуговування.

Постановка проблеми. Зі збільшенням числа інформаційно-керуючих систем, таких як ЛІКС, що впроваджуються у різні сфери діяльності людини, склалася думка, що вони недостатньо впливають на кінцевий результат діяльності об'єктів транспортної галузі. Причин такої думки дві: 1. ЛІКС були впроваджені в невідповідних виробничих умовах; 2. Тривалий час визначення ефекту від впровадження ЛІКС ґрунтувалося лише на розрахунку економічного ефекту. З цих причин результат впровадження ЛІКС виявився нижчим, ніж очікувалося.

Розв'язання задачі. Розглянемо застосування логістичних інформаційно-керуючих систем на прикладі управління пасажирськими перевезеннями. Збільшення кількості поїздок громадським пасажирським транспортом потребує високої якості та ефективності пасажироперевезень шляхом розробки та практичної реалізації відповідних логістично-методичних та організаційно-технічних заходів.

Сучасний науковий підхід до моделювання транспортної технології перевезення пасажирів вказує на те, що для забезпечення ефективності роботи рухомого складу необхідно вирішувати такі основні задачі: розробка математичної моделі логістичного управління перевезеннями пасажирів; розробка критеріїв системної ефективності функціонування логістичної системи управління процесами перевезення пасажирів; оцінювання та вибір методу прогнозування пасажиропотоку громадським транспортом та багато ін.

Авторами пропонується метод прогнозування пасажиропотоку громадським транспортом методом довгої короткострокової пам'яті (LSTM). LSTM [1]) – різновид архітектури рекурентних нейронних мереж, яка, за достатньої кількості вузлів мережі, може обчислювати будь-яку задачу, за умови, що вона має належну матрицю вагових коефіцієнтів, що може розглядатися як її програма. LSTM має форму ланцюга повторюваних модулів нейронної мережі.

На рис.1 зображена структура мережі LSTM запропонована для прогнозування перевезення пасажирів, вона має чотири приховані шари та використовує сигмоїдальну функцію та гіперболічний тангенс в якості функції активації.

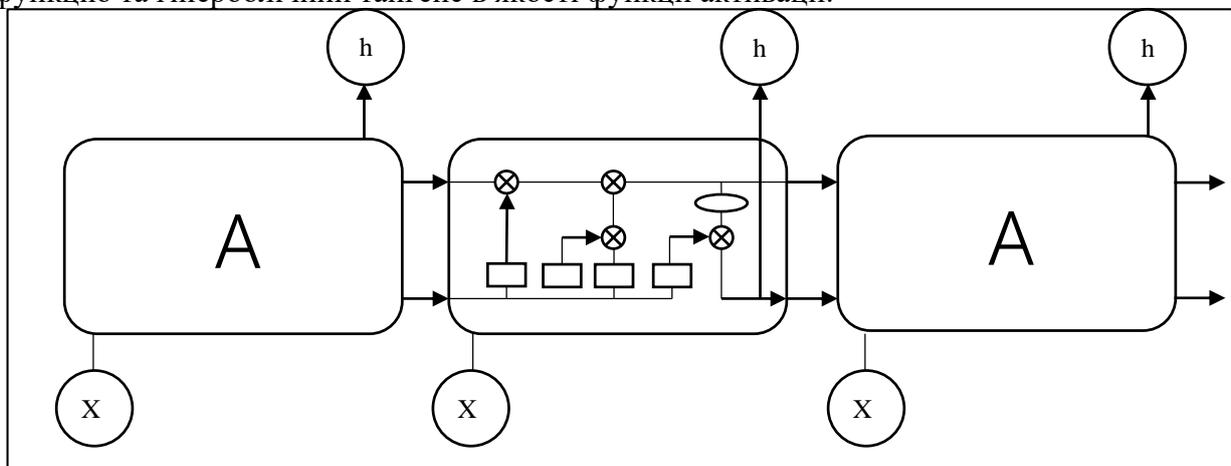


Рис. 1. Структура мережі LSTM, розробленої для прогнозування перевезень пасажирів.

Авторами виконаний порівняльний аналіз експериментально отриманих статистичних даних та результатів прогнозування перевезень пасажирів з використанням мережі LSTM для автобусних маршрутів №12, 20, 25, 31, 115 (м. Черкаси) за 2023 рік. Наведені результати прогнозування, доцільно застосувати для вирішення сформульованої вище задач.

Висновок. Застосування ЛІКС на основі використання сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій встановлює зв'язок між усіма учасниками процесу перевезення пасажирів. Обґрунтовано вибір, розроблено структурну схему та описано рекурентну нейронну мережу LSTM для прогнозування пасажиропотоку, який і пропонується використовувати в подальшому при прогнозуванні найбільш раціональних маршрутів для забезпечення їх максимальної завантаженості пасажирами.

Список використаних джерел

1. Lingxiang Wei, Dongjun Guo, Zhilong Chen, Jincheng Yang & Tianliu Feng (2023). Forecasting Short-Term Passenger Flow of Subway Stations Based on the Temporal Pattern Attention Mechanism and the Long Short-Term Memory Network. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 12(1), 25; <https://doi.org/10.3390/ijgi12010025>.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ГІС

Підгорний М.В., Смоляр Р.А.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Європейський союз, США та інші цивілізовані країни ставлять за мету економію електричної та теплової енергії, декарбонізацію енергетичного сектору. Найбільшу перспективу у цій політиці має сектор централізованого теплопостачання. Одним із напрямків реформування централізованого теплопостачання є оптимізація вироблення теплової енергії та розподілення користувачам. Об'єктом дослідження є стан систем централізованого теплопостачання в Україні. Предметом дослідження є створення комп'ютерної моделі ефективного управління забезпеченням тепловою енергією споживачів на основі ГІС. У роботі виконаний аналіз стану проблеми забезпечення теплом та декарбонізації у розвинених країнах. Отримані висновки про можливість управління системою централізованого теплопостачання на основі географічної інформаційної системи за допомогою штучного інтелекту в Україні.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, централізоване теплопостачання, декарбонізація, географічна інформаційна система, штучний інтелект.

GIS-BASED COMPUTER MODELLING OF A DISTRICT HEATING DISTRIBUTION SYSTEM

Pidhornyy M., Smoliar R.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The European Union, the US and other civilized countries aim to save electricity thermal energy, and decarbonize the energy sector. The district heating sector has the greatest perspective in this policy. One of the directions of reforming the centralized heat supply is the optimization of thermal energy production and distribution to users. The object of the study is the state of centralized heat supply systems in Ukraine. The subject of the research is the creation of a computer model of effective management of providing thermal energy to consumers based on GIS. The paper analyzes the state of the problem of providing heat and decarbonization in developed countries. The conclusions about the possibility of managing the system of centralized heat supply based on the geographical information system with the help of artificial intelligence in Ukraine were obtained.

Keywords: computer modelling, district heating, decarbonization, geographic information system, artificial intelligence.

Вступ. «Дорожня карта енергетики до 2050 року» Європейської комісії ЄС передбачає широкомасштабну економію електроенергії та тепла, електрифікацію сектору теплопостачання за рахунок впровадження теплових насосів, розширення потенціалу централізованого теплопостачання (ЦТ) на основі детального картографування попиту на тепло та різних варіантів постачання тепла. У звіті Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) «Перспективи енергетичних технологій 2012» централізоване теплопостачання визнається фундаментальним для декарбонізації сектору опалення та охолодження і є «фундаментальним елементом економіки з низьким вмістом вуглецю»[1].

Централізоване теплопостачання в Україні забезпечує значну кількість послуг опалення. На 2021 рік частка централізованого теплопостачання складала понад 60%. Стратегія розвитку енергетичної системи України базується на впровадженні сучасних технологій в системи централізованого теплопостачання.

Мета публікації. Розвиток систем централізованого теплопостачання в Україні шляхом впровадження технологій підвищення економічної ефективності та збільшення рівня декарбонізації за рахунок застосування інтелектуальних систем управління джерелами вироблення теплової енергії та оптимізації систем подачі тепла до користувачів.

Постановка проблеми. Вирішення поставленої проблеми може бути реалізоване через створення комп'ютерної моделі централізованого теплопостачання на основі географічної інформаційної системи (ГІС), що управляється штучним інтелектом – ШІ [2].

Розв'язання задачі. Структура сучасної ГІС, та її еволюція описуються теоретико множинною моделлю (Таблиця 1), відповідно до якої ГІС складається з множини ієрархічно взаємозалежних рівнів $Level = \{Level1, \dots, Level5\}$. На кожному i -му рівні формується множина компонентів $K = \{K_{i1}, \dots, K_{iY}\}$, що реалізує множину функцій $F = \{F_{i1}, \dots, F_{iZ}\}$. Крім того для кожної із множин K_i і F_i в процесі еволюції можуть бути виділити дві наступні підмножини: підмножина компонентів, що змінюється $\Delta K = \{K_{i1}, \dots, K_{iY1}\}$, і функцій, що змінюється $\Delta F = \{F_{i1}, \dots, F_{iY1}\}$; підмножина компонентів, що не змінюється $\delta K = \{K_{i1}, \dots, K_{iY2}\}$, і функцій, що не змінюється $\delta F = \{F_{i1}, \dots, F_{iY2}\}$. При цьому $\Delta K_i \cup \delta K_i = K_i$; $\Delta K_i \cap \delta K_i = \emptyset$; $\Delta F_i \cup \delta F_i = F_i$; $\Delta F_i \cap \delta F_i = \emptyset$.

Таблиця 1

Ієрархічна структура моделі багатокомпонентної АСКОП

Рівень ГІС	Компоненти ГІС	Змінна частина компонентів ГІС	Інформація, що обробляється при створенні систем и може бути конфігураційно керована
<i>Level1</i>			склад підсистем, що використовуються; перелік станів ГІС.
<i>Level2</i>	Множина функціональних підсистем $\{КФП_1, \dots, КФП_L\}$	Множина функціональних підсистем, що змінюється $\{ΔКФП\}$.	кількість підсистем ГІС; модель надійності ГІС; перелік станів, в яких може знаходитися функціональна підсистема; розрахунок показників надійності, оперативної готовності.
<i>Level3</i>	Множина блоків $\{КБ_1, \dots, КБ_M\}$	Множина блоків, що може змінюватися для функціональних підсистем $\{ΔКБ^{ФП_i}\}$	кількість блоків, що використовуються, і кратність резервування для кожного з них; розрахунок показників надійності, оперативної готовності.
<i>Level4</i>	Множина функціональних вузлів блоків $\{КФВ_1, \dots, КФВ_N\}$	Множина функціональних вузлів, що може змінюватися для кожного з блоків $\{ΔКФВ^{ФБ_i}\}$	кількість функціональних вузлів, що використовуються, і кратність резервування для кожного з них; розрахунок показників надійності, оперативної готовності.
<i>Level5</i>	Множина елементів $\{КЕ_1, \dots, КЕ_P\}$	Множина елементів, що може змінюватися для кожного з функціональних вузлів $\{ΔКЕ^{ФV_i}\}$	кількість елементів, що використовуються, і кратність резервування для кожного з них; розрахунок показників надійності, оперативної готовності.

Висновки. Інтелектуальна система управління централізованим теплопостачанням потребує оперативної інформації про потенціал джерел теплової енергії та стан забезпечення теплом користувачів. Інформація про стан системи ЦТ накладається на ГІС району, що обслуговується ЦТ. Таким чином створюється своєрідний атлас забезпечення тепловою енергією користувачів ЦТ. Управління комп'ютерною моделлю теплопостачання відбувається навченою заздалегідь системою штучного інтелекту.

Вступ України до Європейського союзу (ЄС) передбачає приведення систем забезпечення тепловою енергією до норм ЄС. Це стосується і значної перебудови та модернізації систем ЦТ України, а також підвищення інтелектуального рівня управління ЦТ для найбільш повного задоволення теплом потреб окремих споживачів.

Список використаних джерел

1. Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.035>
2. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко математичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися. Х.: НТУ "ХПІ", 2015. 209 с.

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ ВІДОМОСТЕЙ, ЩО НАДХОДЯТЬ

Пількевич І. А., Мірошніченко С. І., Лобода В. В.

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, Україна

Анотація. Об'єктом дослідження є інформаційна система розпізнавання об'єктів як військового, так і цивільного характеру, яка є комплексом програмних засобів, що включає набір різних алгоритмів прийняття рішень в залежності від кількості отриманих вхідних параметрів, базу даних, яка має змогу постійно поновлюватись, а також керовану програму. Остання забезпечує процес прийняття рішень з урахуванням специфіки проблеми. Робота системи нагадує багатокритерійний фільтр, що послідовно виділяє із прийнятого сигналу необхідну інформацію. Для звуження кола визначення джерел в інформаційну систему додатково вводяться різні критерії інформації. Застосування запропонованої системи дозволить зменшити час для прийняття рішень керівним складом.

Ключові слова: інформаційна система, автоматизоване робоче місце, база даних, багатокритерійний фільтр, прийняття рішення, оперативна обстановка.

INFORMATION SYSTEM OF AUTOMATED INFORMATION PROCESSING, WHAT'S COMING

Pilkevich I., Miroshnichenko S., Loboda V.

Korolev Zhytomyr Military Institute, Zhytomyr, Ukraine

Abstract. The objects of the study are the information system for recognizing objects of both a military and civilian nature, which is a complex of software tools that includes a set of different decision-making algorithms depending on the number of received input parameters, a database that can be constantly updated, and also a managed program. The latter provides a decision-making process taking into account the specifics of the problem. The operation of the system resembles a multi-criteria filter, which consistently selects the necessary information from the received signal. In order to narrow down the range of sources, various information criteria are additionally introduced into the information system. Application of the proposed system will reduce the time for decision-making by the management team.

Keywords: information system, automated workplace, database, multi-criteria filter, decision-making, operational situation.

Вступ. Скорочення часу обробки інформації, автоматизація процесу прийняття рішень в оперативній обстановці, що складається під час ведення бойових дій на території України, на сьогодні є одним із найактуальніших завдань, що вирішуються в органах управління ЗСУ. Потрібно створювати спеціалізовані системи, здатні збирати, упорядковувати, фільтрувати, зберігати та передавати інформацію для аналізу та зменшення часу на прийняття рішення командному складу, зокрема такі, у яких для роботи використовуються інформаційні технології. Але ці системи є дуже дорогі та складними, потребують обслуговування та внесення додаткових змін спеціалістами, що їх розробляють, і тому не можуть бути швидко змінені в разі потреби в оперативній обстановці.

Метою дослідження є розробка доступної в користуванні інформаційної системи (ІС) можливого способу автоматизованої обробки відомостей, що надходить. Система може застосовуватися для багатьох завдань як військового характеру, так і в звичайному житті.

Постановка завдання. Розробити структурну модель ІС, яка дозволить автоматизувати обробку інформації, що надходить. Для перевірки працездатності запропонованої системи сформулювати електронну базу даних, яка послідовно відфільтруватиме з прийнятого сигналу необхідну інформацію в залежності від кількості характеристик.

Основна частина. ІС повинна забезпечувати:

- роботу з вхідними даними (параметрами сигналів, які приймаються);
- отримання вихідних даних (структурована інформація містить необхідні характеристики визначених джерел);
- формування звіту (отримання даних про джерела інформації та видачі її керівному складу для прийняття рішення про їх використання).

Уся інформація має зберігатися в електронній базі даних, що дозволить структурувати її. Тому з'явиться можливість фільтрування та швидкого пошуку необхідних даних для вчасного прийняття необхідного рішення [1].

В інформаційній системі відбуваються такі процеси:

- введення інформації, отриманої з джерел;
- опрацювання (фільтрування) інформації;
- зберігання вхідної та опрацьованої інформації;
- виведення інформації, призначеної для прийняття рішення;
- відправка/отримання інформації мережею.

На рисунку 1 представлена структурна модель ІС.



Рис. 1. Структурна модель інформаційних потоків системи

Дана схема відображає процеси, які відбуваються в ІС. Щоб розібратися в роботі ІС, необхідно зрозуміти суть проблем, які вона розв'язує, а також організаційні процеси, у які вона включена. Управління ІС здійснюється на автоматизованому робочому місці.

У разі надходження сигналу від джерела інформації система послідовно виділяє в ньому декілька складових та за такою послідовністю і виконує фільтрацію необхідної інформації (рис. 2) [2].

РЛС	Початкова частота	Кінцева частота	Крок перебудування	Потужності передавання	Модуляція	Від сигналу	Від ЗСУ	Азімут
	0	0	0	0				0

Записи: 1 из 1

РЛС	Початкова частота	Кінцева частота	Крок перебудування	Потужності передавання	Модуляція	Від сигналу	Від ЗСУ	Азімут
	0	0	0	0				0

Записи: 1 из 1

Радіостанція	Початкова частота	Кінцева частота	Крок перебудування	Потужності передавання	Модуляція	Від роботи	Від ЗСУ	Азімут
	0	0	0	0				0

Рис. 2. Результати фільтрації вхідного сигналу за відповідними параметрами

Для звуження кола визначення джерел додатково вводимо інші критерії інформації. База даних ІС постійно поповнюється новими розробками, тому щоразу система буде виявлятися більш ефективною. Згідно з принципом модульності можливо введення додаткових модулів з фільтрування (відпрацювання) об'єктів.

Висновок. Запропонована ІС дозволяє розпізнавати об'єкти в автоматизованому режимі. Суть її роботи полягає в тому, що вона послідовно відфільтровує із прийнятого сигналу необхідну інформацію згідно заданих критеріїв. Основним елементом такої системи є електронна база даних, яка постійно оновлюється додатковою інформацією (введенням нових об'єктів з визначеними характеристиками). Використання запропонованої інформаційної системи дозволить скоротити час прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. Антонюк О. Ю. Видова специфіка електронних красназвичих баз даних вінницької обласної універсальної наукової бібліотеки. *Український журнал з бібліотекознавства та інформаційних наук*. 2022. № 10. С. 10–21. <https://doi.org/10.31866/2616-7654.10.2022.269439>
2. Пількевич І.А., Мірошніченко С.І. Модель інформаційної системи електронного документообігу територіально розподілених підрозділів підприємства. *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем*. 2023. Вип. 25 (І). С. 19–30. <https://doi.org/10.46972/2076-1546.2023.25.02>

КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПРОТИАВАРІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ДИСПЕТЧЕРА ОСР

Самойлов В.Д., Сметана Є.С.

Інститут проблем моделювання в енергетиці АН України, Київ, Україна

Анотація. Розглянуто підхід до розробки комп'ютерної технології і програмних засобів створення сценарно-імітаційних моделей забезпечення тренувальних процесів диспетчерського персоналу операторів систем розподілу (ОСР) енергосистеми України. Розроблена методика конструювання тренажерів на основі моделей діяльності (МД) персоналу та імітаційних моделей складних електроенергетичних об'єктів. Запропонований спосіб формального представлення діяльності оперативного персоналу з використанням нотації BPMN. Розроблена архітектура і алгоритми функціонування протиаварійного тренажера диспетчера ОСР.

Ключові слова: протиаварійний тренажер, модель діяльності, імітаційна модель, система автоматизації побудови тренажерів, протиаварійне тренування.

COMPUTER TECHNOLOGY FOR CREATING AN EMERGENCY SIMULATOR ON THE BASIS OF THE INFORMATION MODEL OF THE DISPATCHER'S ACTIVITY

Samoilov V., Smetana Y.

Institute of Modeling Problems in Energy of the Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. The paper considers an approach to the development of computer technology and software tools for creating scenario-simulation models for training processes of dispatcher personnel of distribution system operators (DSOs) of the Ukrainian power system. A methodology for designing simulators based on activity models (AM) of personnel and simulation models of complex electric power facilities has been developed. A method of formal representation of the activities of operational personnel using the BPMN notation is proposed. The architecture and algorithms for the functioning of the emergency simulator of the DSO are developed.

Keywords: emergency simulator, activity model, simulation model, simulator construction automation system, emergency training.

Вступ. Протиаварійні тренування є основною формою роботи з персоналом підприємств електричних мереж, покликаною формувати основні компетенції диспетчерського персоналу при управлінні електроенергетичними мережами. Найбільш ефективними технічними засобами проведення тренувань, що дають змогу максимально наблизити діяльність персоналу до реальної без впливу на діюче обладнання, є комп'ютерні тренажери, що імітують реальне робоче місце [1, 19].

Мета роботи. Розробка імітаційних моделей функціонування об'єкта управління і формального представлення алгоритмів діяльності диспетчера ОСР. Розробка програмних продуктів, орієнтованих на галузевих спеціалістів, що не мають досвіду програмування.

Постановка задачі. Тренажери, що використовуються для організації підготовки персоналу на підприємстві, повинні відображати місцеву специфіку роботи обладнання і організації управління. Створити таку кількість фактично унікальних тренажерів на основі традиційної технології програмування є задачею трудомісткою і надто вартісною. Тому [1, 23] в якості однієї з основних функціональних можливостей тренажера вимагає наявність автоматизованої системи створення тренувальних вправ.

Основна частина. В структурі діяльності диспетчера (рис. 1) в якості складових можна виділити:

- мнемосхему (МС) об'єкта, що відображає топологію і поточний оперативний стан комутаційних апаратів, обладнання, пристроїв РЗіА і т.і.;

- модель електричного режиму, що характеризується режимними параметрами електрообладнання: генерацією $\{P_G, Q_G\}$; споживанням $\{P_C, Q_C\}$, перетоками в лініях $\{P_L, Q_L\}$, напругою у вузлах $\{U_i\}$;

- модель діяльності (МД) – дії диспетчера по управлінню об'єктом в залежності від поточної ситуації і у відповідності з вимогами нормативно-технічної і службової документації.



Рис. 1. Робоче місце і структура діяльності персоналу ОСР.

Основним навиком, що формується на тренажері є навик оперативного мислення: отримання і обробка інформації, прийняття і реалізація оперативних рішень. На тренажері повинні бути збережені моделі форми подання інформації, способів і джерел їх отримання.

Базова модель МС об'єкта створюється за допомогою візуального редактора. Редактор містить «бібліотеку» умовних позначень елементів схеми. Побудова МС полягає в «перетаскуванні» елемента МС в поле інформаційної моделі (ІМ) і з'єднанні елементів у відповідності з існуючою топологією. Елемент вписаний в «прямокутник» з координатами $(a_1, b_1; a_1, b_2; a_2, b_1; a_2, b_2)$. Прямокутник фіксується в полі ІМ. В подальшому при виборі елемента дії, якщо $(a_i, b_i) \in \{A, B\} \rightarrow$ визначається елемент схеми.

Зміна оперативного стану комутаційного апарату схеми завжди призводить до зміни параметрів режиму. Диспетчер спостерігає цей процес як миттєву зміну параметрів («зріз») режиму, що виводяться на «картинку» МС. В процесі тренування реакція тренажера на зміну топології повинна бути максимально схожа на поведінку реальної мережі і відбуватися в реальному часі (комфортний час ~ 1 С). «Зрізи» режимів, що відображаються на МС і відповідають поточному шагу сценарію тренування прораховуються завчасно і вносяться у вигляді змін до «картинки» МС за допомогою редактора.

Програма тренування формується у вигляді сценарію поведінки диспетчера – моделі діяльності (МД). Для формального представлення МД прийнятий опис в нотації BPMN стандарту ISO/IEC 19510. Цей опис також є зрозумілим для програмного продукту, що реалізує МД в процесі тренування.

Для реалізація блок-орієнтовних підсистем автоматизації створення і реалізації тренажерів/сценаріїв тренувань вибраний крос-платформний рушій UNITY.

Висновки. Даний підхід дозволяє задіяти в реалізації тренажерів галузевих спеціалістів, що безпосередньо зайняті в організації тренувань «на місцях». При реалізації тренажерів максимально враховувати специфіку конкретних ОСР. Забезпечити галузь необхідною кількістю технічних засобів при організації тренувань згідно з вимогами галузевих нормативів.

Список використаних джерел

1. ПРАВИЛА проведення протиаварійних тренувань персоналу електричних станцій та мереж. Наказ Міністерства енергетики України, №991, від 24.12.2013р.

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕКОМПОЗИЦІЇ КОМПОНЕНТНОЇ АРХІТЕКТУРИ СКЛАДНОГО ВИРОБУ

Федорович О. С., Лутай Л. М., Тріщ Р. М., Заболотний О. В., Хом'як Е. А., Нікітін А. О.
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

Анотація. Обслуговування високотехнологічної продукції здійснюється під час виконання етапу експлуатації. Для злагодженого виконання процесів експлуатації доцільно використовувати імітаційне моделювання. У дослідженні ставиться та вирішується задача створення імітаційної моделі для аналізу процесів технічної експлуатації авіаційної техніки (АТ). Створена імітаційна модель включає модулі діагностування, пошуку несправності, ремонту, накопичення діагностичної інформації для подальшого її оброблення та ін. Метою дослідження є розроблення моделі багаторівневого компонентного пошуку несправностей літального апарату (ЛА) під час обслуговування. Предметом дослідження є планування та управління експлуатацією як етапу життєвого циклу складної техніки. Використовуються наступні математичні моделі та методи: системний аналіз, теорія інформації, імітаційне моделювання. Запропоновано модель багаторівневого компонентного пошуку несправностей при діагностуванні АТ, що дозволить скоротити тривалість і вартість технічного обслуговування експлуатаційної техніки.

Ключові слова: скорочення життєвого циклу, експлуатація авіаційної техніки, діагностування авіаційної техніки, технічне обслуговування, імітаційні моделі.

SIMULATION OF THE OPTIMAL AVIATION EQUIPMENT MAINTENANCE PROCESS USING THE DECOMPOSITION OF THE COMPONENT ARCHITECTURE OF A COMPLEX PRODUCT

Fedorovich O., Lutai L., Trishch R., Zabolotnyi O., Khomiak E., Nikitin A.
National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Ukraine

Abstract. Maintenance of high-tech products is carried out during the operation stage. For the coordinated execution of operation processes, it is advisable to use simulation modeling. The research sets and solves the task of creating a simulation model for the analysis of the processes of technical operation of aviation equipment. The created simulation model includes modules for diagnosis, fault finding, repair, accumulation of diagnostic information for further processing, etc. The purpose of the study is to develop a model of multi-level component fault finding of aircraft during maintenance. The subject of the research is the planning and management of operation as a stage of the life cycle of complex equipment. The following mathematical models and methods are used: system analysis, information theory, simulation modeling. A model of multi-level component fault finding in the diagnosis of aviation equipment is proposed, which will reduce the duration and cost of maintenance of operational equipment.

Keywords: reduction of the life cycle, operation of aviation equipment, diagnostics of aviation equipment, maintenance; simulation models.

Виклад основного матеріалу. Одним з визначних факторів конкурентоспроможності складного виробу є створення нових наукових підходів щодо забезпечення якості виробу та ефективного функціонування впродовж всіх етапів його життєвого циклу. Погана якість технічного обслуговування (ТО) не тільки створює загрозу безпеці польотів, але також може призвести до значних фінансових витрат через затримки, скасування, відхилення та інші збої [1]. Враховуючи економічну нестабільність, воєнний стан, глобалізацію економіки необхідно шукати нові підходи щодо організації експлуатаційних процесів АТ, що базуються на активному використанні інформаційних технологій, які дозволяють накопичувати та оброблювати інформацію по результатам здійсненого обслуговування [2, 3].

Мета роботи – розроблення моделі пошуку несправностей при діагностуванні АТ, що лежить в основі системи ТО і ремонту, завдяки якій здійснюється скорочення тривалості діагностування експлуатаційної системи, шляхом впровадження створеної імітаційної моделі для реалізації процесів технічної експлуатації АТ.

Специфічність і складність ЛА впливає на те, що для виявлення дефекту часто виникає необхідність проводити перевірку значної кількості структурних елементів об'єкту. Збільшення числа перевірок призводить до підвищення трудомісткості та вартості робіт, а також до збільшення простоїв ЛА.

При моделюванні процесів експлуатації ЛА розкриття причин та прогнозування потреб в обслуговуванні є одним із важливих і складних завдань. Для його вирішення в роботі запропонована імітаційна модель процесів ТО і ремонту АТ, що враховує сукупність та взаємодію між усіма запропонованими у дослідженні процесами експлуатаційної АТ. Однією із складових імітаційної моделі являється модуль діагностування. Результатом роботи даного модуля є визначення місця, виду, а при необхідності й причини появи несправності об'єкту діагностування.

Пошук несправності X_j зводиться до послідовної декомпозиції системи на дві ділянки, одна з яких підлягає перевірці V_i . Вибрана перевірка V_i несе максимум інформації про стан системи і розбиває елементи системи на дві групи: на зміну стану котрих V_i реагує – «1» і не реагує – «0». В залежності від результату перевірки визначається підсистема, у складі якої знаходиться непрацюючий елемент (дефект). Якщо несправний компонент не виявлено на даному рівні декомпозиції, дефектна підсистема знову розбивається на дві частини, одна з яких знову підлягає перевірці. Друга перевірка вибирається виходячи з максимуму інформації для створених груп елементів. Декомпозиція та формування груп системи на поточному рівні декомпозиції продовжується до моменту виявлення відмовленого (несправного) компоненту системи при черговій перевірці. Компонентом, в залежності від вимог до глибини пошуку, може бути система, підсистема, вузол або агрегат. Черговість

перевірок та їх інформативність визначається на основі компонентної архітектури виробу [4], з урахуванням діючих в системі функціональних зв'язків між структурними елементами системи. Взаємозв'язок між результатами перевірок і станом системи представляється у вигляді діагностичної матриці. Таким чином, виявляємо несправний компонент системи.

Реалізація даного принципу дозволяє зменшити кількість перевірок, необхідних для виявлення дефекту, особливо при наявності достатньо великої різниці в значеннях ймовірностей відмовлення того чи іншого компонента P_i і приблизно однакових значеннях трудомісткості t_r .

Висновки. Для вирішення задачі пошуку місця і визначення причин відмов запропоновано модель багаторівневого компонентного пошуку несправностей ЛА з формалізованим описом об'єкту діагностування. Впровадження розробленої моделі дозволить скоротити час та фінансові витрати процесу діагностування і скорегувати проектні дії по відновленню надійної працездатності АТ.

Список використаних джерел

1. Hobbs A.: Aircraft Maintenance and Inspection. International Encyclopedia of Transportation, 25–33 (2021). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10103-4>
2. Kála M., Lališ A., Vojtěch T.: Analyzing Aircraft Maintenance Findings with Natural Language Processing. Transportation Research Procedia, vol. 65, 238–245 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.11.028>
3. De Pater I., Mitici M.: Predictive maintenance for multi-component systems of repairables with Remaining-Useful-Life prognostics and a limited stock of spare components. Reliability Engineering & System Safety, vol. 214 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107761>
4. Fedorovich, O., Kosenko, V., Lutai, L., Zamirets, I.: Methods and models of research of investment attractiveness and competitiveness of project-oriented enterprise in the process of creating innovative high-tech. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries 3 (21), 51–59 (2022). <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.051>

ADAPTIVE ALGORITHMS FOR QUANTIZATION ERROR NORMALIZATION OF DIGITAL ENCODER-BASED TACHOMETERS

Kukharchuk V.¹, Holodiuk V.¹, Koval A.¹, Vasilevskiy O.², Trishch R.^{3,4}

¹Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

²The University of Texas at Austin, Austin TX 78712, USA

³National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine.

⁴Mykolas Romeris Universiti, Vilnius, Lithuania

Abstract. The authors' analysis of the instantaneous and average values digital tachometer quantization error assessment in the dynamic measurements of angular velocity with an encoder allowed for the first time to obtain a mathematical model for calculating the critical speed numerical value for an exponential mathematical model that adequately describes the transient process of the electric machine's operation. It was found that the value of the critical speed depends on the resolution z of the encoder, the quantization frequency, the duration of the sample time interval, which variation allows to measure the angular velocity with a predetermined normalized value of the quantization error during the transient process of the electric machine from the lower to the upper measurement limit.

Keywords: Electric Machine, Transient Characteristic, Encoder, Transfer Function, Quantization Error Equation, Critical Speed, Adaptive Algorithm, Microcontroller Tachometer, Normalized Value of Quantization Error.

Introduction. Currently, to intensify the testing of electric machines (EM), most of the research is focused on the acceleration of the tests carried out in the "no load" experiment. The main one here is the transient characteristic (variable angular velocity over time $n(t)$), which is obtained in the dynamic mode of measuring object operation (electric machine) with practically zero moment of resistance on its shaft ($MC \cong 0$) [1-5]. A feature of the experimental studies of this characteristic is the determination with high accuracy in real time of the available dips, sudden emissions, synchronous dips, which significantly affect the vibroacoustic characteristics of electric machines. This scientific and applied problem is solved by providing the maximum number of measurement results during the electric machine transient process, the quantization error of which during the measurement experiment should not exceed the normalized value.

The purpose of the work is to develop a criteria and embedded tools for implementing an adaptive algorithm for real time measuring angular velocity, which quantization error will not exceed a predetermined normalized value.

Formulation of the problem. Analysis of the dynamic measurements allows us to state the following: during the EM transient process, when the angular velocity increases from zero to the maximum value, the quantization error is a variable value.

Solving the problem. Based on the comparative characteristics of quantization errors of instantaneous and average values, a tachometer adaptive to changes in angular velocity is proposed, which provides its dynamic measurements in a wide range with a quantization error that does not exceed the normalized value.

To implement such an approach, it is first necessary to synthesize an algorithm for software support of hardware for the microcontroller (MCU).

If we equate the quantization errors of the instantaneous and average values of the tachometers considered above

$$\frac{60}{n \cdot z \cdot t_0} 100\% = \frac{n \cdot z}{60 \cdot f_0} 100\%, \quad (1)$$

then we will get a dependence for estimating the value of the critical speed n_c

$$n_c = \frac{60}{z} \sqrt{\frac{f_0}{t_0}}. \quad (2)$$

For $t_0 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$, $f_0 = 5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ and $z = 1500$, the intersection point of the quantization errors δ_{qi} and δ_{qa} dependencies are shown in Fig. 1.

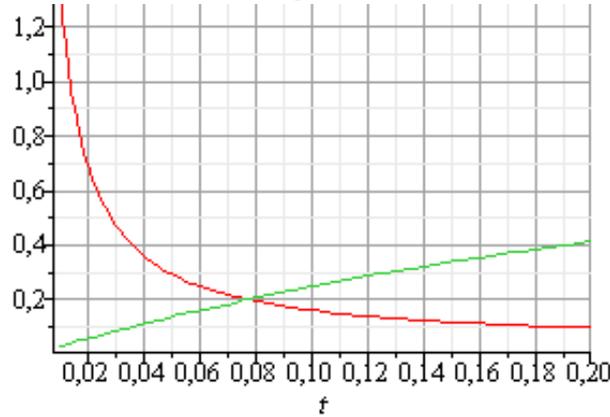


Fig. 1. To the question of determining the critical speed.

Based on (2) and Fig. 1, the following algorithm adaptive to changes in angular velocity is proposed:

If the measured current value of the angular speed is less than the value of the critical speed ($n \leq n_c$), then two microcontroller timers implement the algorithm of instantaneous values tachometer in "adjacent" intervals.

Under the condition $n > n_c$, the third timer of the microcontroller is programmed to the tachometer algorithm of average values.

Analysis (7) shows that f_0 and z for a specific schematic implementation are constant values. It is possible to vary only $t_0 \rightarrow var$, which allows you to set the required value of the critical speed n_c .

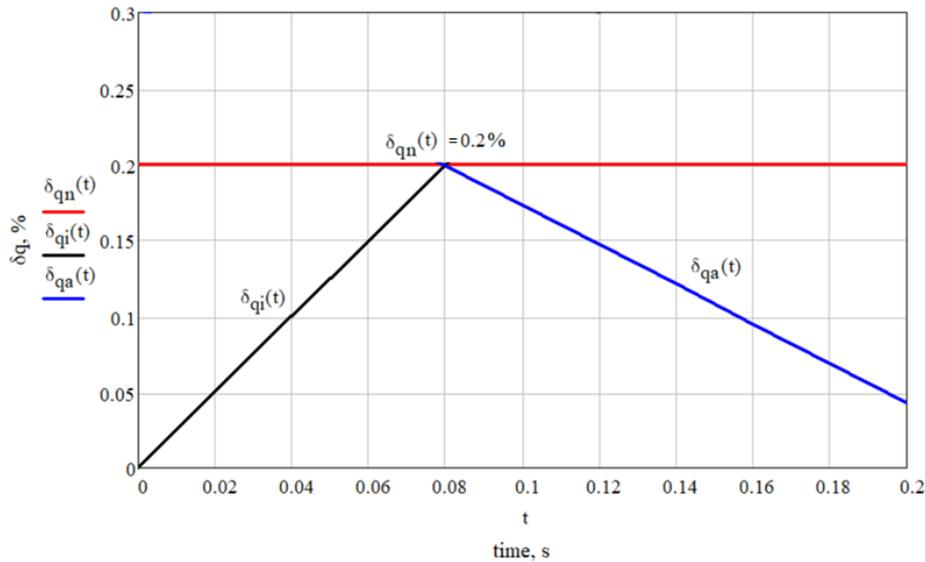


Fig. 2. Characteristics of the change in the normalized values of quantization errors

Conclusion. The analysis of the main metrological characteristics of instantaneous and average values digital tachometers made it possible to propose criterion, the hardware and software implementation of which provided the synthesis of an adaptive (for the changes in angular velocity inherent the EM transients) algorithm of quantization error normalization.

Formulated requirements for hardware and software implementation of a microcontroller tachometer, adaptive to the change in angular velocity during the EM transient, which are shown in its structural diagram.

The essential differences of the synthesized adaptive algorithm are as follows: the first stage – the measurement of the angular velocity is carried out in real time during the transient EM process; the second stage is the processing of the obtained results after the end of the measurement process (transient process).

The usage of the advantages of instantaneous and average values tachometers in one tool ensures the implementation of dynamic measurements with a predetermined normalized value of the quantization error (see Fig. 2). Such adaptive microcontroller tachometers are advisable to use in cases where at the beginning of the transient characteristic of EM, the angular velocity changes significantly over time.

References

1. Li, H., Cheng, G.: A Comparative Study of Speed Estimation Methods for Motor Rotor. In Proceedings of 2021 Chinese Intelligent Systems Conference, Volume I, pp. 864-873. Springer Singapore, (2022).
2. Rubén Molina Llorente.: Practical Control of Electric Machines, Springer Nature Switzerland AG, Springer Cham, 622 p., (2020).
3. Vázquez-Gutiérrez, Y., O'Sullivan, D. L., Kavanagh, R. C.: Small-signal modeling of the incremental optical encoder for motor control. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(5), pp. 3452-3461, (2019).
4. Sziki, G.Á.; Szántó, A.; Kiss, J.; Juhász, G.; Ádámkó, É. Measurement System for the Experimental Study and Testing of Electric Motors at the Faculty of Engineering, University of Debrecen. Appl. Sci. 2022, 12, 10095. <https://doi.org/10.3390/app12191009>.
5. Boggarpu, N. K., Kavanagh, R. C.: New learning algorithm for high-quality velocity measurement and control when using low-cost optical encoders. IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 59(3), pp. 565-574, (2009).
6. Kukharchuk, V., Vasilevskyi, O., Holodiuk, V.: Results of study of quantization and discretization error of digital tachometers with encoder. Acta IMEKO, 12(2), pp. 1-6, (2023).
7. Kukharchuk, V.V., Pavlov, S.V., Holodiuk, V.S.: Information Conversion in Measuring Channels with Optoelectronic Sensors. Sensors 22, 271, (2022). <https://doi.org/10.3390/s22010271>
8. A. Veyrat Durbex, Y. Nachajon Schwartz, H. Tacca: Solutions for Torque and Speed Measurement on Electric Machine Controllers Test Benches, Revista elektron, Vol. 5, No. 1, pp. 20-31 (2021).
9. S. Y. Yurish and N. V. Kirianaki, "Design of high-performance digital tachometers and tachometric systems based on the method of the depended count," The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, 2003. CADSM 2003. Proceedings of the 7th International Conference., Slavske, Ukraine, 2003, pp. 378-381, doi: 10.1109/CADSM.2003.1255096.
10. Vasilevskyi, O., Koval, M., Kravets, S.: Indicators of reproducibility and suitability for assessing the quality of production services. Acta IMEKO. Vol. 10, № 4, pp. 54-61, (2021).
11. Trishch, R., Cherniak, O., Kupriyanov, O., Luniachek, V., Tsykhanovska, I., M.: Methodology for multi-criteria assessment of working conditions as an object of qualimetry. *Engineering Management in Production and Services*, 2021, 13(2), P. 107–114.
12. Ginevičius, R., Trishch, R., Bilan, Y., Lis, M., Pencik, J., Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries, *Energies*, 2022, 15(9) P. 415–423.
13. Trishch R., Sichinava A., Bartoš V., Stasiukynas A., Schieg M. Comparative assessment of economic development in the countries of the european union. *Journal of Business Economics and Management*. 2023. № 24(1). P. 20–36.
14. Trishch R., Nechuiviter O., Hrinchenko H., Bubela T., Riabchykov M., Pandova I. Assessment of safety risks using qualimetric methods. *MM Science Journal*, October 2023. P. 6668 -6674.
15. Trishch, R., Maletka, O., Hrinchenko, H et. al. 2019, 'Development and validation of measurement techniques according to ISO/IEC 17025:2017. *Proceedings of the 8th International Conference on Advanced*

CREATING OPERATION CYCLE DIAGRAM FOR TWO-STATION FMS

Kupriyanov O.¹, Hrinchenko H.¹, Dichev D.², Bondarenko T.¹, Tsykhanovska I.¹

¹ Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

² Technical University of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria

Abstract. The objective of the study is to describe a two-station FMS using Petri nets to construct cyclic diagrams of robot and machine loading. The flexible manufacturing system is described using priority and time delay nets. The simulation result in the developed program is in good agreement with the one built in MS Project.

Keywords: flexible manufacturing system, Petri nets, working cycle, automation software.

Introduction. Flexible manufacturing system (FMS) is a set of various combinations of numerically controlled equipment, robotic complexes, flexible manufacturing modules, individual units of technological equipment and systems that ensure their operation in automatic mode, possessing automatic readjustment.

The cycle diagrams displays the sequence of actions of the robot and the machine tools of the FMS on the time axis and allows to determine the working cycle - the time interval in which the actions of the multistep system are repeated. It allows to make recommendations whether the robot can keep up with another machine or, on the contrary, the machines are waiting for the robot. To automate the process of creating a cycle diagrams, the mathematical apparatus of Petri nets can be used.

The purpose of the work. It consists in automating the construction of cycle diagrams and optimizing the actions of a robot working in a FMS.

Formulation of the problem. One of the most time-consuming tasks in the design of technological processes is the determination of the working cycle of a technological cell. The cycle is necessary to coordinate the work of individual technological cells in an automatic line. The main disadvantages of manual construction of cycle diagrams are non-optimal scheme of robot movements, long time spent on cycle diagrams construction, presence of human errors. Automation of cycle diagrams construction with the help of Petri nets allows to increase the efficiency of flexible production system.

Solving the problem. Consider a production system consisting of two machine tools (Fig. 1, pos. 1 and 2) located at the sides of the robot (Fig. 1, pos. 5). In this system there is also a loading and unloading cycle table (Fig. 1, pos. 3 and 4).

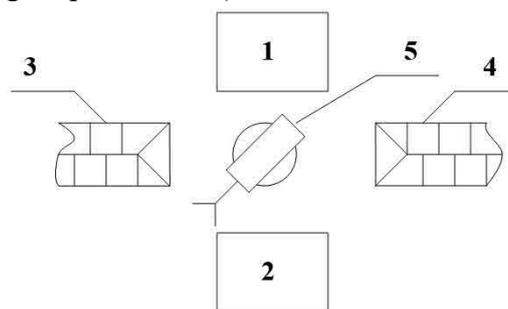


Fig. 1. FMS Component Layout

The system with a service robot described by a Petri net is shown in Fig. 2. The mathematical model describing the two-station system by a Petri net is as follows. The robot, the machines and the workpieces to be processed are represented by the dynamic elements of the model, the tokens. The components of the FMS are replaced by different notations, let us consider them.

The first machine is represented by the following circles: P4, P5, P6, where P4 is the end of the robot loading the first machine, P5 is the machine unloaded and waiting for the next work cycle, and P6 is the end of the machining cycle of the first machine. The presence of a part in the loading hopper is indicated by the presence of a token in the P3 circle. P7 indicates the presence of the part

in the hopper after the first machine. The bar t1 represents the loading process of the first machine, the bar t2 represents the working process (machining cycle) and the bar t3 represents the unloading process. The circle P1 simulates the presence of the robot near the machine. If it contains a token, the robot is near the machine and ready to work. The tokens in the corresponding circles model the availability of resources.

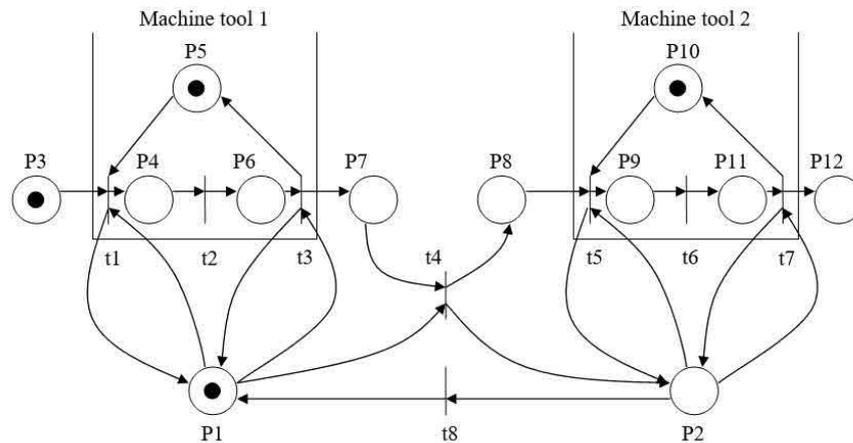


Fig. 2. A two-station system with an attendant robot described by a Petri net

The arrows define the dependencies. The event t1 - machine loading can occur if the tokens are present in the circles P3 (workpiece in the loading hopper), P5 (machine unloaded) and P1 (robot in the loading position of the first machine). For this reason, bar t1 has three incoming arrows from the corresponding circles. It has two outgoing arrows to circles P4 and P1. This indicates that at the end of the loading cycle, the machine is ready for the machining cycle (arrow to P4) and the robot is released for the next operation (arrow to P1).

The machining cycle of the first machine t2 can take place when the machine is loaded, indicated by the arrow from circle P4. At the end of the machining cycle, the machine is ready to be unloaded, so the arrow from t2 goes to circle P6. In order to unload the first machine, it is necessary that the robot is in the load/unload position (arrow from P1 to t3) and that the machining cycle of the machine is finished (arrow from P6). After unloading, the first machine is unloaded (arrow from t3 to P5), the robot is unloaded (arrow from t3 to P1) and the part, ready for further machining, is placed in the hopper after the machine (arrow to P7).

The designations of the second machine are similar to those of the first. The constructed cycle diagram of the flexible production system for the long machine operation time is shown in Fig. 3.

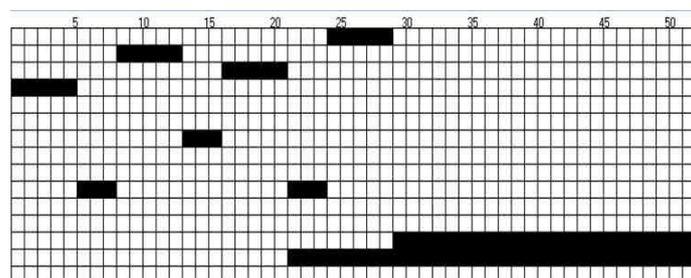


Fig. 3. Cycle diagram of operation of the robot of the two-station system

Conclusion. Using the mathematical apparatus of Petri net, a model of the process of machine tool maintenance by a robot for FMS is developed to typify the robot actions. Mathematical models reflecting the robot actions for loading a two-machine system are compiled to obtain algorithms of robot actions in FMS. FMS robot algorithms are obtained to represent the sequence of robot actions during machine tool maintenance.

References

1. Best, E., Devillers, R. (2024). First Steps in Petri Nets. In: Petri Net Primer. Computer Science Foundations and Applied Logic. Birkhauser, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48278-6_1

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXISTING ROAD SIGN RECOGNITION SYSTEMS IN VEHICLES

Mukovoz V.¹, Vakaliuk T.^{1,2,3,4}, Semerikov S.^{3,1,2,5,4}

¹ Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

² Institute for Digitalization of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³ Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

⁴ Academy of Cognitive and Natural Sciences, Kryvyi Rih, Ukraine

⁵ Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. Road sign recognition systems have become an essential safety feature in modern vehicles, aiding drivers in identifying and complying with traffic rules. This paper compares several prominent road sign recognition systems employed by major automotive manufacturers, including Opel Eye, Mercedes-Benz Speed Limit Assist, Volvo Road Sign Information, and Volkswagen Sign Assist. The analysis evaluates the declared and actual recognition accuracies, illumination requirements, and the ability to recognise different types of road signs. The findings reveal that while these systems claim high recognition rates, their performance can be compromised by sign condition, illumination, and occlusion factors.

Keywords: road sign recognition, advanced driver assistance systems, computer vision

Introduction and problem statement. Road sign recognition systems have become a crucial component of advanced driver assistance systems in modern vehicles. These systems aim to improve road safety by assisting drivers in identifying and adhering to traffic rules and regulations. By automatically recognising and displaying relevant road signs, such as speed limits, prohibitions, and warnings, these systems can enhance driver awareness and help prevent unintended violations.

Results. The road sign identification information system consists of the following hardware and software components: optical camera for image capture; hardware capture module; detection module; classification module; database.

First, the camera image is sent to the system. A specific algorithm is then used to determine the location of the road sign. After that, the recognition software performs the sign recognition. The structure of the database can vary depending on the tasks assigned to the system.

The Opel Eye system is an innovative technology used in Opel cars (Vauxhall in the UK) to improve safety and help drivers while driving [1]. It includes a variety of functions and sensors to monitor the road environment and provide important information to drivers.



Fig. 1. Example of Opel Eye operation

The main functions of the Opel Eye system include:

1. Road sign recognition – the system can automatically recognise road signs such as speed limits, overtaking bans, etc. The system can display the relevant information in the instrument cluster.
2. Adaptive cruise control – this function allows the car to automatically maintain a safe distance from other vehicles by adjusting the speed.
3. Lane departure warning – the system can detect when the car is moving out of its lane without the turn signal and warn the driver.
4. Blind spot monitoring system – the Opel Eye system sensors can detect vehicles in blind spots and warn the driver to avoid danger when changing lanes.
5. Automatic emergency braking system – in some models, the system can automatically activate the brakes to avoid a collision when a collision is detected.

Speed Limit Assist (SLA) is a system available in specific Mercedes-Benz models designed to help you comply with the speed limits on the road [2]. The system helps drivers to be aware of road signs and speed limit indications, helping to avoid unintended speeding. The main functions of SLA include:

1. Road sign recognition – the system can use built-in cameras and sensors to detect speed limit signs. It can determine the valid speed limits and display them on the instrument cluster or the trip computer.

2. Driver warning – if a road sign with a change in speed limit is detected, the system can provide an appropriate warning to the driver, helping to avoid unexpected speeding.

3. Adaptive cruise control – in some models, SLA can be integrated with adaptive cruise control, which allows the car to automatically maintain a safe distance from other vehicles on the road, taking into account speed limits.

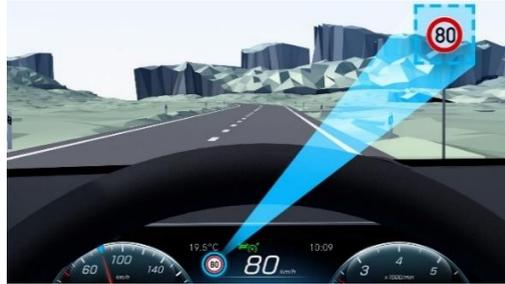


Fig. 2. Speed Limit Assist

Volvo offers road sign information (RSI) safety features in many of its vehicles. It uses cameras and sensors to recognise road signs and provides drivers with real-time information about the road signs they encounter [3]. This system helps to increase driver awareness and compliance with traffic rules.



Fig. 3. An example of RSI operation

The main features of road sign information in Volvo vehicles include:

1. Sign recognition – the system can recognise various road signs, such as speed limits, no-entry, and stop signs. It identifies these signs with visual cues from the onboard cameras.

2. Display for the driver – when a road sign is detected, the relevant information is often displayed on the dashboard or the vehicle's head-up display, providing the driver with easy access to information without taking their eyes off the road.

3. Speed limit warning – the system can compare the detected speed limit with the current vehicle speed and warn the driver if the speed limit is exceeded, helping the driver maintain a safe and legal speed.

4. Dynamic updates – some Volvo models with RSI can update real-time road sign information to reflect changing conditions, such as variable speed limits in construction or school zones.

5. Road sign memory – Some Volvo models equipped with RSI can store and display the most recent road sign information in the driver's display, helping the driver to stay informed even if the sign is no longer visible.

Volkswagen Sign Assist is a technology system used in Volkswagen vehicles to recognise road signs and display information about them on the dashboard [4]. This system helps drivers to be more aware of the road environment and to comply with traffic regulations.



Fig. 4. An example of Volkswagen Sign Assist

The main functions of Volkswagen Sign Assist include:

1. Traffic sign recognition – the system uses a camera, usually located near the interior rear-view mirror, to detect various road signs such as speed limits, prohibitions and others.
2. Information display – information about the detected road signs is displayed on the dashboard or the vehicle's onboard screen. Drivers can see up-to-date information about speed limits and other signs without paying attention to road signs on the side of the road.
3. Additional warnings – in some cases, when speeding is detected, the system can provide the driver with a warning, such as a visual or audible alert.
4. Relevance of information – information is displayed in real-time, allowing drivers to react in time to changes in road restrictions.

A comparative description of existing recognition systems is shown in Table 1.

Table 1

Comparative characteristics of road sign recognition systems

Parameter	Opel Eye	Speed Limit Assist	Road sign information	Volkswagen Sign Assist
Declared recognition accuracy	90%	95%	96%	95%
Sign illumination not less than	50	50	50	50
Recognition of speed limit signs	Yes	Yes	Yes	Yes
Recognition of other prohibitive signs	Yes	No	Yes	Yes
Actual recognition accuracy	75%	70%	75%	95%

Table 1 shows that separately implemented information systems for road sign recognition are rare, and most systems are not a separate feature but are mostly part of the vehicle's factory equipment. This means that their commercial cost needs to be lowered. All installed systems show a small percentage of road sign recognition, and the recognition percentage drops if the road sign is not in ideal conditions (tilt, partial overlap, dirt on the sign), as the images are subject to structural distortion. During testing, only clean signs are reliably and accurately recognised. Only clean signs with a contrasting outline are reliably and accurately recognised. Finding out what algorithms underlie these systems is impossible, as this information is not freely available.

Conclusions. The analysis highlights the need for continued research and development efforts in road sign recognition systems. Improving recognition accuracy, robustness to various sign conditions, and expanding the range of recognisable signs are essential to enhancing road safety and driver assistance capabilities.

References

1. Opel Eye. Retrieved. URL: <https://preview.thenewsmarket.com/Previews/NCAP/DocumentAssets/188042.pdf>.
2. The driver assistance systems in the EQC point the way to autonomous driving. Retrieved. URL: <https://www.la.mercedes-benz.com/en/passengercars/mercedes-benz-cars/models/eqc/safety/assistance-systems.module.html>.
3. Road sign information. Retrieved. URL: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/assistance-systems/road-sign-information/>.
4. Traffic Sign Recognition. Retrieved. URL: <https://www.volkswagen.co.uk/en/technology/driver-assist/sign-assist.html>.

NEURAL NETWORK MODELS FOR APPROXIMATION OF ONE-DIMENSIONAL SIGNALS

Fedorov E., Babenko V., Honcharov A., Chepynoha A., Utkina T.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. In this paper, the problem of analyzing one-dimensional digital signals was solved by using a neural network approach. The proposed neural network approach allows to improve the quality of approximation by simplifying structural identification through the use of only one hidden layer of neural network models; reducing the computational complexity of parametric identification and ensuring good scalability through the use of batch training mode of neural network models; describing nonlinear dependencies through the use of neural network models; high accuracy through the use of local approximation. The proposed approach makes it possible to expand the scope of application of methods of approximation of one-dimensional digital signals based on artificial neural networks, which contributes to the efficiency of intelligent computer systems for general and special purposes.

Keywords: analysis of one-dimensional digital signals, parametric identification of neural network approximation models, radial basis function, spline, wavelet.

Introduction. Digital signal processing is currently widespread. For example, the analysis of one-dimensional signals is used in economics, medical diagnostics based on electrograms, technical diagnostics (for example, vibrodiagnostics), speech recognition and biometric speaker identification by voice, computer networks for the transmission of compressed information, cryptography for encoding and decoding secret information. The main feature of modern methods of one-dimensional signal analysis today is the use of artificial neural networks [1, 2].

The purpose of the work is to increase the efficiency of one-dimensional signal analysis by creating models of approximation based on a neural network approach. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: create a neural network model of approximation based on radial basis functions; develop neural network models of approximation based on piecewise polynomial regression; create a neural network model of approximation based on wavelet functions; conduct a numerical study of the proposed neural network approach.

Formulation of the problem. For complex diagnostic systems (for example, mine diagnostics) there are a large number of indicators. For dangerous processes with high dynamics, fast and accurate signal analysis is necessary. Thus, the problem of insufficient efficiency of digital signal analysis arises. One of the important areas of digital signal analysis is its approximation.

Solving the problem. The most commonly used neural networks for one-dimensional signal approximation are: two-layer perceptron; Elman neural network (ENN) or simple recurrent network (SRN); Bidirectional Recurrent Neural Network (BRNN); long-term short-term memory (LSTM); Bidirectional Recurrent Neural Network (BLSTM); Gateway Recurrent Unit (GRU); the echo state network (ESN); Liquid State Machine (LSM).

So, none of these networks satisfy all the criteria. Therefore, in this paper nonrecurrent artificial neural networks that perform local approximation are considered. The advantages of each of these networks are:

1. It provides local approximation of nonlinear mapping of input signal to output signal (solves the problem of curve approximation by points in multidimensional space, i.e., training is equivalent to finding such surface in multidimensional space, which corresponds most exactly to training data, i.e., interpolates them).
2. It provides good quality of generalization.
3. Automatically determines the number of hidden layers (equal to one).
4. Provides approximation better than networks with global approximation.
5. The number of neurons in the hidden layer is less than that of single-step learning networks, so it functions faster than single-step learning networks.
6. Learning occurs in batch mode, which allows parallel implementation to accelerate learning.

Experiments and results. Numerical investigation of the proposed approach was conducted through the Keras submodule of the TensorFlow module. The Pandas module was used to compensate for missing values through linear interpolation, as well as for input-output operations of tabular data.

The database of economic indicators of the World Bank (<https://databank.worldbank.org/home.aspx>) was used in the work. Economic indicators of 145 countries for 10 years were used. The volume of the initial sample was equal to 1450. The initial dataset was divided into a train dataset ($P = 928$), a validation dataset (232) and a test dataset (290). The number of neurons in the hidden layer M was equal to 10. The parameter η determining the learning rate was equal to 0.001. The maximum number of iterations N was equal to 100. To estimate the quality of approximation the coefficient of determination is calculated as

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{\mu=1}^P (d_{\mu} - f(\mathbf{x}_{\mu}, \mathbf{w}))^2}{\sum_{\mu=1}^P (d_{\mu} - \bar{d})^2}, \quad R^2 \in [0,1], \quad \bar{d} = \frac{1}{P} \sum_{\mu=1}^P d_{\mu}.$$

The results of comparison of quantitative characteristics of the proposed methods for parametric identification of neural network models are presented in Table 1, where computational complexity forward/backward is $\sim NPM$, $M = 10$.

For the wavelet neural network with training based on error correction, the number of neurons in the hidden layer (N_h) was selected based on its dependence on the coefficient of determination (R^2), shown in Fig. 1.

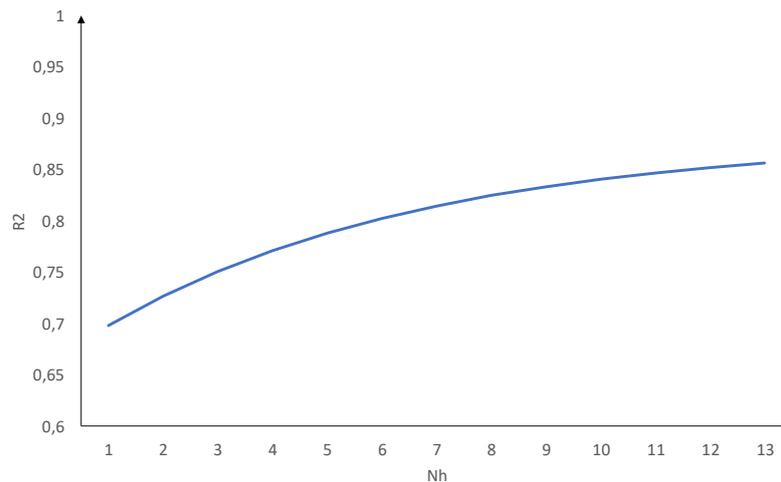


Fig. 1. Dependence of the number of neurons on R^2

Table 1

Comparison of qualitative characteristics of the proposed methods

No. n/a	Neural Networks	Determination coefficient
1	Neural Network based on radial basis functions with error correction learning	0.703
2	Radial Baseline Neural Network with Clustering-Based Learning	0.703
3	Spline Neural Network with learning based on error correction	0.752
4	B-spline Neural Network with learning based on error correction	0.785
5	Wavelet Neural Network with Error Correction Based Learning	0.835

According to Table 1, the wavelet neural network with training based on error correction has the highest coefficient of determination, i.e., the highest approximation accuracy.

Conclusion. The actual problem of using new approaches for the analysis of one-dimensional digital signals has been solved by a neural network approach. The proposed neural network approach allows to improve the approximation quality by: simplification of structural identification by using only one hidden layer of neural network models; decrease of computational complexity of parametric identification and provision of good scalability due to neural network models training in batch mode; description of non-linear dependencies by neural network models; high accuracy through the use of local approximation.

References

1. Andras, P. (2014). Function Approximation using Combined Unsupervised and Supervised Learning. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 25 (3), 495-505. doi: 10.1109/TNNLS.2013.2276044
2. M. Schultz, M. Tropmann-Frick, Autoencoder Neural Networks versus External Auditors, Detecting Unusual Journal Entries in Financial Statement Audits, Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-2020), Maui, Hawaii, USA, 2021, pp. 5421-5430. doi:10.24251/hicss.2020.666

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТВЕРДИМИ ЧАСТИНКАМИ ПИЛУ PM_{2,5} ТА PM₁₀ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ МЕТОДУ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Антоненко С.В., Бондаренко М.О.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У статті наведено результати розроблення спеціалізованого програмного забезпечення призначеного для прогнозування забруднення повітря твердими частинками пилу PM_{2,5} та PM₁₀ із залученням методу на основі штучного інтелекту. Основною метою роботи є розроблення алгоритму та створення на його основі програмного забезпечення, яке базується на нейромережах і дозволяє з високою точністю та швидкодією прогнозувати стан забрудненості повітря твердими частинками дисперсністю 2,5 мкм та 10 мкм на визначеній території міста або індустріальної зони, що, в свою чергу, дозволяє приймати рішення щодо обрання способів усунення або, принаймні, зменшення рівня такого забруднення до мінімально можливого. Об'єктом дослідження є процес прогнозування стану забрудненості повітря твердими частинками; предметом дослідження є програмне забезпечення, яке базується на нейромережах і дозволяє прогнозувати стан забрудненості повітря твердими частинками дисперсністю 2,5 мкм та 10 мкм. В роботі обрані нейромережі (XGBoost-linear-regression та XGBoost-mlp), які використовуються для прогнозування забруднення повітря твердими частинками пилу, проявляють велику точність (середня абсолютна похибка не перевищує 1,47%) та ефективність. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення стосовно зменшення впливу такого забруднення на навколишнє середовище та здоров'я населення.

Ключові слова: забруднення повітря, тверді забруднюючі частинки, прогнозування якості повітря, нейронна мережа.

PREDICTION OF AIR POLLUTION BY PARTICULATE DUST PARTICLES OF PM_{2.5} AND PM₁₀ USING AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED METHOD

Antonenko S., Bondarenko M.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article presents the results of the development of specialised software designed to predict air pollution by PM_{2.5} and PM₁₀ dust particles using an artificial intelligence-based method. The main purpose of the work is to develop an algorithm and create software based on it, which is based on neural networks and allows predicting the state of air pollution with particulate matter with a dispersion of 2.5 microns and 10 microns in a certain territory of a city or industrial zone with high accuracy and speed, which in turn allows making decisions on the choice of ways to eliminate or at least reduce the level of such

pollution to the lowest possible level. The object of the study is the process of predicting the state of air pollution with particulate matter; the subject of the study is software based on neural networks that allows predicting the state of air pollution with particulate matter with a dispersion of 2.5 μm and 10 μm . In this paper, the selected neural networks (XGBoost-linear-regression and XGBoost-mlp), which are used to predict air pollution by particulate matter, show great accuracy (the average absolute error does not exceed 1.47%) and efficiency. This allows for informed decisions to be made to reduce the impact of such pollution on the environment and public health.

Keywords: air pollution, particulate matter (PM), air quality forecasting, neural network.

Вступ. Відомо [1], що забруднення повітря дрібнодисперсними твердими частинками негативно впливає, як на здоров'я, так і на життя людського суспільства в цілому. Так, під час Великого лондонського смогу 1952 року сильне забруднення протягом п'яти днів спричинило смертельні випадки щонайменше для чотирьох тисяч людей [2]. Цей епізод підкреслив взаємозв'язок між забрудненням повітря твердими частинками та здоров'ям людини. Проте, не дивлячись на сучасні методи та засоби, як визначення стану повітря (особливо у великих містах та на індустріальних територіях), так і прогнозування його забруднення з метою своєчасного попередження населення та розвантаження осередків забруднення, проблема визначення та попередження забрудненості повітря залишається актуальною та край необхідною, як для збереження здоров'я населення (особливо міського), так і для покращення екологічного та економічного стану держави та світу в цілому.

Мета роботи. Метою роботи є розроблення алгоритму та створення на його основі програмного забезпечення, яке базується на нейромережах і дозволяє з високою точністю та швидкістю прогнозувати стан забрудненості повітря твердими частинками дисперсністю 2,5 μm та 10 μm на визначеній території міста або індустріальної зони, що, в свою чергу, дозволяє приймати рішення щодо обрання способів усунення або, принаймні, зменшення рівня такого забруднення до мінімально можливого.

Постановка задачі. Задача прогнозування забруднення повітря твердими частинками дисперсністю 2,5 μm та 10 μm із застосуванням методів штучного інтелекту передбачає аналіз великого обсягу даних, що включають в себе метеорологічні дані та ступінь забрудненості повітря за певний період часу. Для розв'язання поставленої задачі можуть використовуватися різноманітні методи штучного інтелекту, наприклад: нейронні мережі, генетичні алгоритми, методи кластерного аналізу та інші. При цьому, основна увага зосереджується на розробці ефективних моделей, які можуть бути використані для прогнозування рівнів забруднення повітря у майбутньому з високою точністю. Такі моделі мають визначати забрудненість повітря, як в короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, а також мати застосування для управління якістю повітря та прийнятті відповідних рішень щодо охорони здоров'я та безпеки життєдіяльності людського суспільства.

Вирішення проблеми. Для розв'язання поставленої задачі в науковій роботі авторами запропоновано метод прогнозування забруднення атмосферного повітря твердими частками дисперсністю 2,5 μm та 10 μm за допомогою нейронних мереж на основі накопиченої бази даних. Також проведено порівняння результатів роботи цих мереж та відбору найефективнішої з них.

Порядок створення та навчання нейромережі полягав у такому:

- проводиться аналіз бази даних, яка містить метеорологічні дані та ступінь забрудненості повітря за певний період часу. Обраний набір даних було отримано Департаментом погоди Сполучених Штатів [3], який включав дані за 2006–2010 роки з різних округів США. Кожен запис даних складався з трьох вимірних значень температури, тиску, швидкості вітру, кількості твердих часток фракцією 2,5 μm та 10 μm ;

- проводиться попереднє оброблення та нормалізація даних. При цьому, показники температури переводяться з градусів по Фаренгейту в градуси по Цельсію;

- визначається структура та цілі нейронної мережі;

- набір даних розділяється на навчальну та тестові частини у співвідношенні 75:25;
- обираються вхідні та вихідні параметри, де в якості вхідних ознак використовуються дані температури, тиску, швидкості вітру та показники твердих часток, а в якості вихідної – кількість в повітрі твердих часток фракцією 2,5 мкм та 10 мкм;
- в середовищі Jupyter Notebook створюється декілька моделей нейронної мережі з використанням бібліотек Keras, XGBoost та LightGBM;
- проводиться навчання нейронної мережі з отриманими 75% даних;
- розраховується відповідь нейронної мережі та похибки;
- перевіряється, якщо відповідь нейронної мережі лежить у межах критеріїв прийнятності, вважається, що нейронна мережа навчилася; інакше відбувається переналаштування нейронних вагів;
- проводиться тестування решти 25% даних.

В результаті проведеного розрахункового експерименту, отримані дані та порівняна ефективність нейромереж, які можуть лягти в основу методу прогнозування забруднення атмосферного повітря твердими частками дисперсністю 2,5 мкм та 10 мкм. Усі отримані моделі були оцінені за допомогою середньої абсолютної похибки, середньоквадратичної похибки та коефіцієнта детермінації (метрики MAE, RMSE та R²) (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння ефективності нейронних моделей

Нейронна модель	Метрики	Середня абсолютна похибка (MAE)	Середньоквадратична похибка (RMSE)	Коефіцієнт детермінації (R ²)
Keras-two-layer		2,543%	22,685%	0,646
Keras-recurrent		1,550%	7,598%	0,881
Keras-deep		3,365%	18,602%	0,710
Keras-linear-regression		3,295%	22,235%	0,653
XGBoost-linear-regression		1,342%	6,552%	0,897
XGBoost-mlp		1,470%	7,144%	0,888
LightGBM		1,501%	8,251%	0,871

За даними, представленими в табл.1, можна побачити, що найефективнішою нейронною моделлю для прогнозування забруднення атмосферного повітря твердими частками дисперсністю 2,5 мкм та 10 мкм є моделі регресії, в яких використовується алгоритм градієнтного бустингу, а саме: XGBoost-linear-regression та XGBoost-mlp. Саме застосування таких моделей дозволяє з високою точністю (середня абсолютна похибка не перевищує 1,47%) та швидкодією (середній час розрахунку моделі не перевищує 3 сек) спрогнозувати стан забрудненості повітря твердими частинками дисперсністю 2,5 мкм та 10 мкм на визначеній території.

Висновок. У ході дослідження було отримано дані та порівняно ефективність різних типів нейронних мереж, придатних для прогнозування рівня забруднення повітря твердими частинками PM_{2,5} та PM₁₀ на визначених територіях. Обрані для застосування в методі прогнозування нейромережі (XGBoost-linear-regression та XGBoost-mlp) демонструють високу точність (середня абсолютна похибка не перевищує 1,47%) та швидкодію (середній час розрахунку моделі не перевищує 3 сек) у прогнозуванні рівня забруднення повітря, що дає можливість приймати обґрунтовані рішення щодо зменшення впливу такого забруднення на довкілля та здоров'я громадян.

Список використаних джерел

1. How air pollution affects our health (2023). European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/eow-it-affects-our-health>
2. Bell M.L., Davis D.L., et al. (2004). A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. *Environmental Health Perspectives*. Vol. 112, Iss. 1. P. 6 – 8. <https://doi.org/10.1289/ehp.6539>
3. Pre-Generated Data Files (2023). EPA Organization Chart. URL: https://aqs.epa.gov/aqsweb/airdata/download_files.html

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИСТРОЇВ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Базіло К.В.¹, Бондаренко М.О.¹, Фауре Е.В.¹, Усик Л.М.¹, Антонюк В.С.², Верцанова О.В.², Бондаренко Ю.Ю.³

¹Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

³Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

Анотація. В матеріалах роботи наводяться результати моделювання п'єзоелектричних елементів різної форми та з різним набором матеріальних констант, що дозволило визначати електричний імпеданс п'єзокерамічного зразка, який здійснює гармонійні коливання. Метою наукової роботи є дослідження особливостей проведення математичного моделювання п'єзоелектричних компонентів різноманітної конфігурації для пристроїв інформаційно-комунікаційних та робототехнічних систем та визначення основних електромеханічних характеристик таких компонентів. Основним завданням роботи є отримання адекватної математичної моделі, використання якої дозволяє проводити високоточний (у тому числі й автоматизованими засобами) розрахунок електромеханічних характеристик п'єзоелектричних елементів. Об'єктом дослідження є процес математичного моделювання п'єзоелектричних елементів різної конфігурації; предмет дослідження – математичні моделі таких елементів. Проведено визначення та порівняння розрахункових формул такої основної характеристики п'єзоелектричних елементів, як електричний імпеданс та показана частотно залежна зміна амплітуди електричного струму в провідниках схеми для вимірювання електричного імпедансу п'єзокерамічного елемента за різних знаків відношення зарядів на поляризованих поверхнях такого елемента.

Ключові слова: п'єзокерамічний елемент, математична модель, електричний імпеданс, електромеханічні характеристики.

FEATURES OF MATHEMATICAL MODELLING OF PIEZOELECTRIC COMPONENTS OF INFORMATION AND ROBOTIC SYSTEMS

Bazilo C.¹, Bondarenko M.¹, Faure E.¹, Usyk L.¹, Antonyuk V.², Vertsanova O.², Bondarenko Yu.³

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

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

³State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The paper presents the results of modelling piezoelectric elements of different shapes and with different sets of material constants, which made it possible to determine the electrical impedance of a piezoceramic sample that performs harmonic oscillations. This research aims to study the peculiarities of mathematical modelling of piezoelectric components of various configurations for information and communication as well as robotic systems and to determine the main electromechanical characteristics of such components. The main objective of the work is to obtain an adequate mathematical model, the use of which allows for a highly accurate (including automated) calculation of the electromechanical characteristics of piezoelectric elements. The object of the study is the process of mathematical modelling of piezoelectric elements of various configurations; the subject of the study is mathematical models of such elements. The paper defines and compares the calculation formulas of such a basic characteristic of piezoelectric elements as electrical impedance and shows the frequency-dependent change in the amplitude of the electric current in the conductors of the circuit for measuring the electrical impedance of a piezoceramic element with different signs of the charge ratio on the polarised surfaces of such an element.

Keywords: piezoceramic element, mathematical model, electrical impedance, electromechanical characteristics.

Вступ. Математичне моделювання п'єзоелектричних компонентів для пристроїв інформаційно-комунікаційних та робототехнічних систем з подальшим визначенням електричного імпедансу цих компонентів є питанням актуальним у зв'язку з активним поширенням таких компонентів у сучасних технологіях [1]. Розуміння особливостей поведінки та властивостей п'єзокерамічних елементів в результаті проведеного математичного моделювання дозволяє ефективно розроблювати, удосконалювати та оптимізувати новітні пристрої та системи в сучасній електроніці, телекомунікації, метрології, медицині та інших сферах, що вимагають прецизійних та надійних пристроїв з високою чутливістю [2].

Мета роботи. Метою роботи є дослідження особливостей проведення математичного моделювання п'єзоелектричних компонентів різноманітної конфігурації для пристроїв інформаційно-комунікаційних систем та визначення основних електромеханічних характеристик таких компонентів.

Постановка задачі. Відомо [3], що під час опису різних форм коливань (товщинних та радіальних) поляризованого за товщиною п'єзокерамічного елемента використовують різні набори матеріальних констант. Порівнюючи між собою результати вимірювання модулів пружності отримуємо, що вони відрізняються на величину, яка рідко перевершує рівень 0,3-0,5% від номінального значення. Це дозволяє зробити висновок, що оцінювання числових значень модулів пружності може і повинна здійснюватися в припущенні рівності значень $c_{12}^E = c_{13}^E$. Крім того, лише в цьому випадку напружено-деформований стан п'єзоелементу в режимі товщинних коливань може бути описаний за допомогою модуля пружності c_{33}^E .

Вирішення проблеми. Побудова математичної моделі п'єзокерамічного елемента певної форми проводиться виходячи з того, що стрижень поляризований за товщиною, а його пружні властивості, як і п'єзоелектричні константи задаються матрицею. Вважаємо, що поверхні п'єзоелементу електродовані і до них прикладається різниця електричних потенціалів. Тоді, у вільно підвішеному в повітрі елементі спостерігатимуться винятково деформації стиснення – розтягування, а крутильні коливання і коливання поперечного вигину будуть відсутні. При цьому компоненти тензора деформації не дорівнюватимуть нулю на відміну від зсувних деформацій, які дорівнюватимуть нулю.

Встановлено, що розрахунок будь-яких характеристик і параметрів п'єзокерамічних елементів, що коливаються, слід починати з виконання фундаментальної умови $\text{div } D = 0$, що є одним із принципів математичного моделювання характеристик і параметрів таких елементів. Показано, що ця умова повністю визначає електричний стан досліджуваних об'єктів, а також побічно визначає пружні напруження, які виникають в об'ємі та на поверхні п'єзокерамічних елементів, що коливаються.

Далі, підставляючи вираз для електричного заряду в п'єзоелектрику, що деформується у формулу для визначення амплітудного значення електричного струму $I = -i\omega Q$, а отриманий результат – у визначення електричного імпедансу у відповідності із законом Ома $Z(\omega) = U_0/I$, отримуємо результат, табл.1.

В той же час, якщо діелектрик, що розділяє електродовані поверхні, не має п'єзоелектричних властивостей (п'єзомодуль $e_{33} = 0$), тоді співвідношення для електричного імпедансу набуває загальновідомого вигляду формули для розрахунку реактивного опору конденсатора з електричною ємністю C^ϵ .

В результаті проведеного моделювання, залежно від типу напружено деформованого стану п'єзокерамічного елемента, виявлено, що частота, на якій спостерігається електромеханічний антирезонанс, може або передувати, або слідувати за частотою, на якій спостерігається електромеханічний резонанс, рис.1.

Визначення електричного імпедансу для п'єзокерамічних елементів (ПЕ) різної форми

Форма ПЕ	Формула для визначення електричного імпедансу	Форма ПЕ	Формула для визначення електричного імпедансу
Диск	$Z(\omega) = -\frac{1}{i\omega C_0^e} \cdot \frac{1}{\left[Q / Q^* - 1 \right]}$	Циліндрична оболонка	$Z(\omega) = \frac{1}{i\omega C_{цo}^\sigma \left[F_{цo}(\Gamma, \Pi) + 1 \right]}$
Стрижень	$Z(\omega) = -\frac{1}{i\omega C_{CT}^e \left[\frac{e_{33}^e}{\chi_{33}^e} F_{CT}(\Gamma, \Pi) - 1 \right]}$	Сферична оболонка	$Z(\omega) = \frac{1}{i\omega C_{co}^\sigma \left[F_{co}(\Gamma, \Pi) + 1 \right]}$

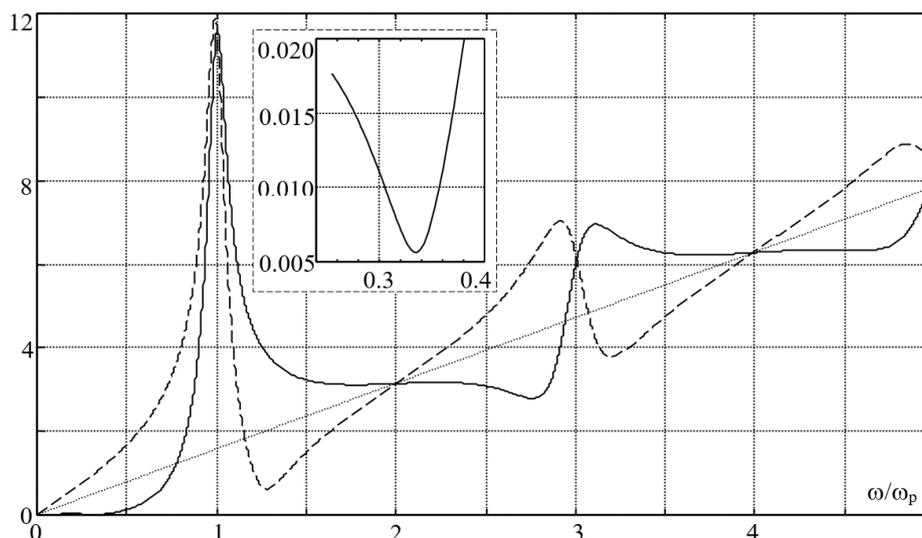


Рис. 1. Частотно залежна зміна амплітуди електричного струму в провідниках схеми для вимірювання електричного імпедансу п'єзокерамічного елемента за різних знаків відношення зарядів на поляризованих поверхнях такого елемента Q / Q^* .

Такі, експериментально виміряні частоти залежать від різних параметрів п'єзокерамічного зразка, які включають геометричні та фізико-механічні характеристики, що дозволяє розв'язати задачу визначення основних властивостей п'єзокераміки, таких як модулі пружності, п'єзомодулі та діелектрична проникність, за відомими частотами резонансів та антирезонансів. В той же час, фундаментальна умова $\text{div } D = 0$ повністю визначає електричний стан досліджуваних об'єктів.

Висновок. У ході проведеного дослідження проаналізовано математичні моделі та порівняно отримані розрахункові формули для визначення електричного імпедансу п'єзоелектричних елементів, а також вивчено залежність амплітуди електричного струму в провідниках схеми для вимірювання електричного імпедансу п'єзокерамічного елемента від частоти та знаків відношення зарядів на його поляризованих поверхнях. Показано один з ключових принципів математичного моделювання параметрів коливних п'єзокерамічних елементів, який полягає у врахуванні фундаментальної умови $\text{div } D = 0$.

Список використаних джерел

1. Guangzhou Kailitech Electronics Co., Ltd. (2023). Professional Piezo Buzzer Manufacturer. URL: <https://www.kailitech.net/>
2. Han X., Huang M., Wu Z. et al. (2023). Advances in high-performance MEMS pressure sensors: design, fabrication, and packaging. *Microsyst Nanoeng.* 9, 156. <https://doi.org/10.1038/s41378-023-00620-1>
3. Bazilo, C. V., Anriienko, V. O., Tuz, V. V., Usyk, L. M. and Bondarenko, Y. Y. (2023) Mathematical Modeling of Piezoelectric Ceramic Ring Transducers for Functional Instrumentation. *Visnyk NTUU KPI Seriya - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, (93), pp. 78-84. doi: 10.20535/RADAP.2023.93.78-84.

ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІЖБЛОКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ

Буковський О.М., Вислоух С.П.

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

Анотація. Робота присвячена використанню адаптивних алгоритмів у системах контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань у виробництві кабельно-провідникової продукції. Розглядаються питання адаптивної фільтрації для ефективного виділення корисного сигналу від шуму та перешкод в процесі контролю. Показано, що використання адаптивних алгоритмів, таких як алгоритм найменших квадратів (LMS) та рекурсивний метод найменших квадратів (RLS), дозволяє системі контролю параметрів ефективно адаптуватися до змінних умов та забезпечувати стабільну її роботу. Результати досліджень свідчать про важливість застосування адаптивних алгоритмів для підвищення продуктивності виробництва та надійності кабельно-провідникової продукції.

Ключові слова: міжблокові електричні з'єднання, кабельно-провідникова продукція, контроль параметрів, система контролю, адаптивні алгоритми.

APPLICATION OF ADAPTIVE ALGORITHMS IN THE PARAMETER CONTROL SYSTEMS OF INTER-BLOCK ELECTRICAL CONNECTIONS

Bukovsky O., Vysloukh S.

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

Abstract. The paper is devoted to the use of adaptive algorithms in systems for monitoring the parameters of interconnection electrical connections in the production of cable and wire products. The issues of adaptive filtering for efficient separation of the useful signal from noise and interference in the control process are considered. It is shown that the use of adaptive algorithms, such as the least squares algorithm (LMS) and the recursive least squares method (RLS), allows the parameter control system to effectively adapt to changing conditions and ensure its stable operation. The research results show the importance of using adaptive algorithms to increase production productivity and reliability of cable and wire products.

Keywords: inter-block electrical connections, cable and wire products, parameter control, adaptive algorithms.

Виклад основного матеріалу. У сучасному виробництві кабельно-провідникової продукції важливим етапом є процес автоматизованого контролю її параметрів. Загальні питання контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань розглядаються в роботах [1] та [2]. Одним із сучасних напрямів автоматизації процесу є використання адаптивних алгоритмів у системах контролю. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність виробництва та надійність контрольованих виробів.

Метою даної роботи є дослідження можливостей та переваг застосування адаптивних алгоритмів у системах контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань в сучасному виробництві кабельно-провідникової продукції.

Аналіз особливостей контролю параметрів шляхом адаптивного підходу до його реалізації показав, що цифровий вибір коефіцієнтів нормалізації контрольованих струмів і напруг передбачає введення до схеми системи контролю параметрів електроенергії для попереднього оцінювання рівня вхідних сигналів додаткового швидкодіючого цифро аналогового перетворювача і дозволяє збільшити кількість діапазонів вимірювання лише програмними засобами.

Виробничі умови можуть бути змінними, що призводить до коливань у параметрах електричних з'єднань. Тому виникає потреба у системах контролю, які можуть адаптуватися до змінних умов і забезпечувати стабільність та надійність роботи. Адаптивна фільтрація є важливим інструментом у цьому процесі [3]. Вона дозволяє виокремлювати корисний сигнал

від шуму та перешкод. Це може бути застосовано для поділу шумового сигналу або для збільшення відношення сигнал-шум (SNR). Один з можливих підходів - використання адаптивного фільтру, що реалізується застосуванням алгоритму LMS (найменших квадратів) або RLS (рекурсивних найменших квадратів), що дозволяє фільтру навчатися на основі отриманих даних. Тут вхідний дискретний сигнал обробляється цифровим фільтром, вихідний сигнал порівнюється із опорним сигналом, отримуючи сигнал помилки, який використовується для регулювання коефіцієнтів фільтру [3].

Адаптивний алгоритм реалізує пошук мінімального значення цільової функції і характер сигналу помилки. Крім того, він дозволяє визначати декілька важливих аспектів загального адаптаційного процесу, а саме: існування субоптимальних рішень, зсув оптимального рішення і складність обчислень. Значенням помилки на всіх часових тактах надаються однакові ваги. Для того, щоби фільтр відстежував нестационарний вхідний сигнал, застосовується експоненціальне забування, при якому вага минулих значень сигналу помилки експоненціально зменшується.

В процесі оброблення сигналу на кожному черговому кроці перераховуються коефіцієнти фільтру, але це пов'язано з невиправдано великими обчислювальними витратами. Скоротити обчислювальні витрати можна шляхом застосування рекурсивного адаптивного алгоритму на основі методу найменших квадратів (RLS).

Головною особливістю алгоритму RLS є швидка збіжність процесу адаптації [3]. Це дозволяє ефективно реагувати на зміни параметрів у режимі реального часу. Міжблокові електричні з'єднання можуть піддаватися різним фізичним та технічним впливам, таким як коливання напруги, температурні зміни або механічні деформації. Швидка збіжність дозволяє виявляти зміни у параметрах зв'язку та негайно їх коригувати, що допомагає забезпечити стабільну та надійну роботу системи електроживлення. Ще одною перевагою застосування адаптивного алгоритму є зменшення часу реакції на виявлення проблем або відхилення параметрів. В разі виникнення неполадок або непередбачуваних ситуацій здатність алгоритму швидко реагування дозволяє мінімізувати час на виявлення проблеми та її вирішення, що в свою чергу підвищує надійність та ефективність роботи системи контролю.

Отже, швидка збіжність адаптивних алгоритмів у контексті контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань дозволяє забезпечити стабільну та надійну роботу електроживлення, зменшити вплив непередбачених факторів на систему та підвищити швидкість реагування на можливі проблеми.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що адаптивні алгоритми фільтрації, такі як LMS і RLS, є ефективними інструментами для контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань у виробництві кабельно-провідникової продукції. Використання алгоритмів фільтрації в автоматизованих системах контролю як спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє вдосконалити цей процес підвищуючи його об'єктивність, надійність і продуктивність.

Список використаних джерел

1. Bulatov Yu. N., Kryukov A. V. "Optimization of automatic regulator settings of the distributed generation plants on the basis of genetic algorithm." In 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), pp. 1–6. IEEE Conference Publications, 2016.
2. Буковський О.М., Вислоух С.П. Система автоматизованого контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань. /Збірник праць XIX Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні» 20-21 грудня 2023р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.– С. 89-92.
3. Мазулевський О. Є. Адаптивний контроль захищеності комп'ютерної мережі на основі нечіткої логіки. / Адаптивні системи автоматичного управління, (8), 2005. – С. 62–66.

АНАЛІЗ НАЯВНИХ МЕТОДІВ ТА ПЕРСПЕКТИВ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОДНО-ПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Заболотний О.В., Ходєєв А.А.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

Анотація. Водно-паливна емульсія є одним із перспективних видів енергоносіїв, яка може бути альтернативою у використанні традиційних видів палива зі зниженими показниками викидів у навколишнє середовище. Основна увага зосереджена на розмірі частинок і кількості дисперсної фази у емульсії, що напряму впливає на її стабільність у часі та на зниження викидів окисів азоту і твердих частинок у навколишнє середовище. Об'єктом дослідження є аналіз сучасних методів створення водно-паливних емульсій та перспективи їх удосконалення. Предметом дослідження є метод мікроканальної емульсифікації з можливістю моделювання процесів у програмному забезпеченні. Виконаний опис існуючих методів виготовлення емульсії та перспективи впровадження мікроканальної емульсифікації. Наведені функціональні можливості і переваги запропонованого метода, які надають змогу оптимізувати процеси автоматизованого виготовлення емульсії і спрощують подальші дослідження у пошуку оптимального розміру і кількості дисперсної фази.

Ключові слова: Водно-паливна емульсія, ультразвук, механічне перемішування, мікроканальне емульгування, зменшення викидів.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND PERSPECTIVES FOR IMPROVING AUTOMATED SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF WATER-FUEL EMULSIONS

Zabolotnyi O., Khodieiev A.

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

Abstract. The water-fuel emulsion is one of the promising types of energy carriers that can be an alternative to the use of traditional fuels with reduced environmental emissions. The main focus is on the particle size and the amount of dispersed phase in the emulsion, which directly affects its stability over time and the reduction of nitrogen oxides and particulate matter emissions into the environment. The object of research is to analyze modern methods of water-fuel emulsions creating and prospects for their improvement. The subject of the study is the method of microchannel emulsification with the ability to model processes in software. The existing methods of emulsion production and prospects for the introduction of microchannel emulsification are described. The functional capabilities and advantages of the proposed method are presented, which make it possible to optimize the processes of automated emulsion production and simplify further research in finding the optimal size and amount of the dispersed phase.

Keywords: Water-fuel emulsion, ultrasound, mechanical mixing, microchannel emulsification, reduced emissions.

Вступ. У наш час має місце тенденція пошуку нових альтернативних і модернізація наявних джерел генерування енергії з метою покращення екологічної складової. Наразі найпоширенішими енергоносіями у промисловій, транспортній та енергогенеруючій галузях є класичні рідинні палива. Одним із перспективних методів вирішення проблеми зменшення шкідливих викидів від використання рідинних палив є водно-паливні емульсії (ВПЕ). Застосування таких емульсій покращує фізичні властивості та ефективність згорання палива, зменшує викиди шкідливих вихлопних газів та дозволяє скоротити витрати палива за рахунок додавання води у певній пропорції. Так само цікавими для впровадження є водно-дизельні емульсії [1], які зберігають усі переваги дизельного палива і можуть бути використані в наявних моделях двигунів без додаткових модифікацій та втрати потужностей.

Головним фактором під час використання ВПЕ є її стабільність у часі [2], яка безпосередньо залежить від розміру частинок дисперсної фази (води), що рівномірно розподілені у безперервній фазі (паливі). Для досягнення необхідного розміру частинок дисперсної фази використовують різноманітні методи змішування: механічні, мембранні, роторно-пульсаційні та ультразвукові установки [1, 3].

Мета. Метою роботи є проведення порівняльного аналізу сучасних методів виготовлення ВПЕ, оцінка можливостей подальшої модернізації наявних методів, зокрема використання методу мікроканальної емульсифікації [4]. Цей перспективний метод може бути відправною точкою у пошуках оптимальної частки доданої у паливо води для та пошуку оптимального розміру дисперсної фази, з метою отримання максимально стабільної емульсії.

Основна частина. Найбільш поширеними та дослідженими методами виготовлення ВПЕ є механічний [5] та ультразвуковий, а також їх комбінації [6]. Також певної уваги заслуговує альтернативний метод виготовлення ВПЕ [7], який реалізовано шляхом уведення до дизельного палива насиченої водяної пари. У наукових джерелах [5-7] описано принципи виготовлення ВПЕ з різним співвідношенням водної складової та різними розмірами зважених часток води (таблиця 1), які пройшли тестування на стендах, що імітують роботу дизельних двигунів і продемонстрували зниження одночасно як викидів окисів азоту (NO_x), так і твердих частинок (PM).

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень отриманні при виготовленні ВПЕ

№	Метод виготовлення	Вид палива	Кількість водної складової	Час виготовлення	Розмір зважених часток води
1	Механічний	Дизель	10%	15 min	0.9 μm
2	Ультразвуковий	Дизель	10%	15 min	0.5 μm
3	Комбінований RTES	Дизель	5%	Виготовлення у реальному часі перед поданням до двигуна	0.409 μm
4	Емульгування насиченою парою	Біодизель	3.2% 6.1%	Не вказано	2.1-4.5 μm

Але головним недоліком наведених вище принципів виготовлення ВПЕ є неможливість контролю розміру зважених частинок водної фази. Альтернативним методом може бути мікроканальна емульсифікація [4, 8].

Процес мікроканальної емульсифікації передбачає проходження двох рідин, що не змішуються, через мікроскопічні канали під тиском. Це утворює турбулентний потік і деформацію оболонок між двома фазами. Деформація оболонок двох фаз викликає появу мікроскопічних крапель однієї дисперсної фази в іншій. При проектуванні мікроканальної системи можна змінювати фізичні показники: тиск, швидкість руху рідин і геометрію каналів, що в подальшому дозволяє контролювати розмір окремих частинок та загальну кількість дисперсної фази у готовій емульсії. Для обчислень і моделювання роботи таких систем можна використовувати програмні продукти типу Comsol та OpenFoam. Контроль розміру і кількості дисперсної складової дозволяє детально вивчити вплив цих параметрів на стабільність і ефективність використання ВПЕ.

Висновки. Принцип мікроканальної емульсифікації може бути ефективним для утворення автоматизованої системи виготовлення водно-дизельних емульсій з контрольованим розміром дисперсних частинок, що у свою чергу значно покращить технічні показники таких емульсій. Адже з'явиться можливість проводити тестування режимів роботи двигуна та дослідити вплив розміру дисперсних частинок і загальної об'ємної концентрації дисперсної фази на зменшення шкідливих викидів. Після отримання оптимальних значень розміру окремих частинок і кількості водної складової у паливі можна

буде проводити оптимізацію автоматизованих систем для промислового виготовлення ВПЕ. Подальшим розвитком може бути підвищення стабільності за допомогою поверхнево активних речовин, що дозволить заздалегідь виготовляти ВПЕ з можливістю тривалого зберігання.

Список використаних джерел

1. Sartomo, A., Santoso, B., & Muraza, O. (2020). Recent progress on mixing technology for water-emulsion fuel: A review. *Energy Conversion and Management*, Vol. 213, URL: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112817>
2. Zabolotnyi O. V., Khodieiev A. A. (2023). Water-fuel emulsion homogeneity control system. *Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*. 2023. No. 6. P. 91–97. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/14>
3. Заболотний О. В., Ходєєв А. А. (2023). Дослідження сучасних методів створення водно-паливної емульсії //The 5 th International scientific and practical conference “Science and technology: problems, prospects and innovations”. (February 16-18, 2023). Osaka, Japan.
4. L. Marchitto et al.(2018) Optical investigations in a CI engine fueled with water in diesel emulsion produced through microchannels , *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2018. Vol. 95. P. 96–103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2018.02.008>
5. Mondal, Pijush Kanti & Mandal, Bijan. (2019). A comparative study on the performance and emissions from a CI engine fuelled with water emulsified diesel prepared by mechanical homogenization and ultrasonic dispersion method. *Energy Reports*. 5. P 639-648. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.05.006>
6. Ithnin, Ahmad Muhsin, et al. (2018). Emulsifier-free Water-in-Diesel emulsion fuel: Its stability behaviour, engine performance and exhaust emission. *Fuel*. 2018. Vol. 215. P. 454–462. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.11.061>
7. Sugeng D.A., Ithnin A.M., Yahya W.J., Kadir H.A., (2020), Emulsifier-Free Water-in-Biodiesel Emulsion Fuel via Steam Emulsification: Its Physical Properties, Combustion Performance, and Exhaust Emission, *Energies*, Vol.13, P.5406. URL: <https://doi.org/10.3390/en13205406>
8. Malekzadeh S., Roohi E.(2015). Investigation of Different Droplet Formation Regimes in a T-junction Microchannel Using the VOF Technique in OpenFOAM. *Microgravity Science and Technology*. 2015. Vol. 27, no. 3. P. 231–243. URL: <https://doi.org/10.1007/s12217-015-9440-2>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ’ЄКТАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Іванченко О.В.¹, Казнадєй С.О.²

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

²Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», Одеса, Україна

Анотація. Серйозною загрозою для сучасного світу є поширене використання рухомих потенційно небезпечних об’єктів, їхнє територіальне розповсюдження, що негативно впливає на різноманітні сфери діяльності суспільства та досить часто призводить до фатальних наслідків. Для усунення цієї загрози пропонується застосовувати безпілотні літальні апарати. Об’єктом дослідження є процеси виявлення рухомих потенційно небезпечних об’єктів та спостереження за ними у режимі реального часу. Предметом дослідження є методи та засоби розробки інформаційної технології спостереження за рухомими потенційно небезпечними об’єктами з застосуванням безпілотних літальних апаратів. У роботі наведено принципи побудови безпілотних літальних апаратів для спостереження за рухомими потенційно небезпечними об’єктами на основі застосування інформаційної технології, основними компонентами якої є нейромережі та відповідна база даних.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, нейромережі, рухомі потенційно небезпечні об’єкти.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR OBSERVING MOVABLE POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Ivanchenko O.¹, Kaznadiei S.²

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

²Navy Institute National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine

Abstract. The widespread use of movable potentially dangerous objects and their territorial spread have a negative impact on various spheres of society and often lead to fatal consequences. To eliminate this threat, the use of unmanned aerial vehicles is proposed. The object of the study is the processes of detecting movable potentially dangerous objects and observing them in real-time. The subject of the study is the methods and means of developing an information technology for observing movable potentially dangerous objects using unmanned aerial vehicles. The principles of building unmanned aerial vehicles for observing movable potentially dangerous objects based on the use of information technology with neural networks and corresponding databases as the main components are presented in the work.

Keywords: unmanned aerial vehicles, neural networks, movable potentially dangerous objects.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день повсюдною проблемою українських територіальних громад, які знаходяться у зоні активних бойових дій, є рухомі потенційно небезпечні об'єкти (РПНО) країни-агресорки. Результати аналізу відомого практичного досвіду свідчать, що саме використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дозволяє суттєво знизити загрозу від застосування РПНО. Тому розробка відповідного обладнання та інформаційної технології, що забезпечують своєчасне виявлення та спостереження за діями РПНО агресора за допомогою БПЛА розглядається як актуальна науково-технічна задача.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні принципів побудови безпілотних літальних апаратів для виявлення та спостереження за рухомими потенційно небезпечними об'єктами з бортовою реалізацією відповідної інформаційної технології (ІТ) й оцінці ефективності дій БПЛА за результатами математичного моделювання.

Спрощена структурна схема БПЛА, на борту якого реалізована ІТ спостереження за РПНО зображена на рис. 1. Принципи функціонування основних блоків БПЛА згідно наведеної структурної схеми (рис. 1) розглянуто в роботі [1].

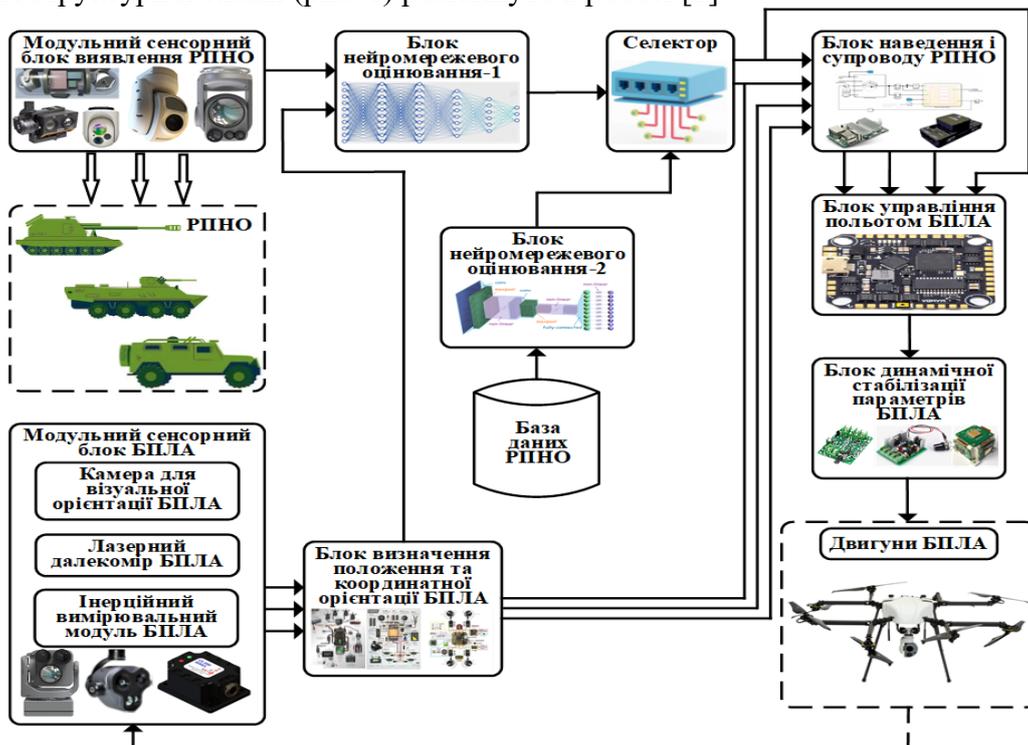


Рис. 1. Спрощена структурна схема БПЛА з реалізацією ІТ спостереження за РПНО

Оцінка ефективності дій БПЛА була отримана за результатами математичного моделювання з використанням апарату байесовських мереж. У якості показника ефективності розглядалася ймовірність спостереження РПНО, максимальне значення якої за результатами моделювання (рис. 2) складає 0,8.

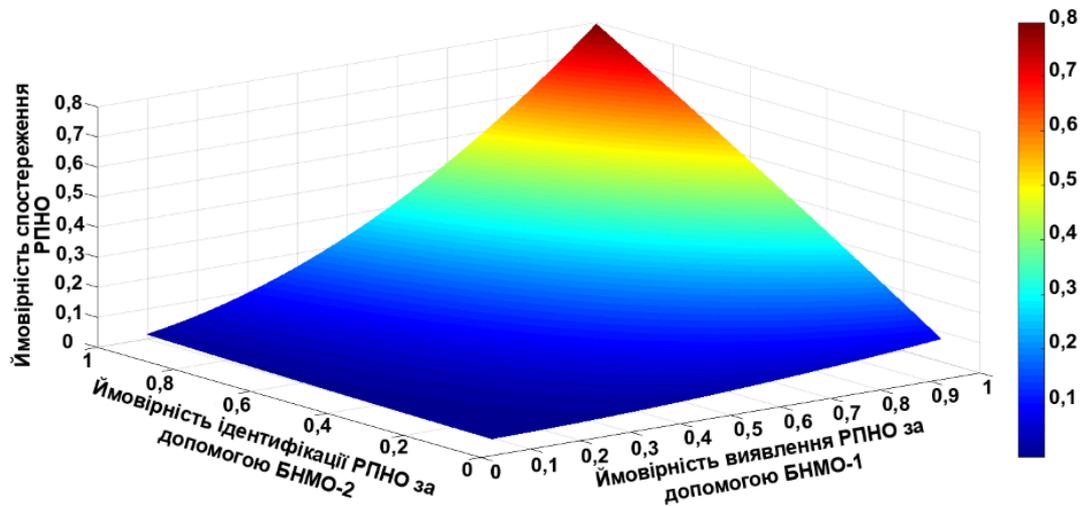


Рис. 2.

Висновки. Таким чином, за результатами виконаних досліджень розроблена інформаційна технологія, використання якої на борту БПЛА дозволяє досить ефективно вирішувати завдання щодо виявлення РПНО та спостереження за ними.

Список використаних джерел

1. Wei P. Data-Driven Modeling and High- Performance Control of Multirotor Unmanned Aerial Vehicles in Challenging Environments. URL: <https://escholarship.org/uc/item/7qf3r2f3>. 31.03.2024.

ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ЕФЕКТИВНИХ КОМПОНЕНТІВ В УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Лукашенко В.М.¹, Григор О.О.¹, Зубко І.А.¹, Лукашенко А.Г.², Гардер Д.А.²,
Лукашенко В.А.², Shchukin В.³

¹Черкаський державний технологічний університет, Україна

²Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Україна

³SARL BBA, Watch, Le Mans, France

Анотація. В роботі вирішена актуальна проблемна задача щодо формування інформаційної бази ефективних багатопараметричних компонентів для етапів проектування відповідного обладнання на підприємствах дрібносерійного виробництва шляхом об'єктивного кількісного оцінювання їх показників. Метою дослідження є формування ефективної інформаційної бази компонентів за результатами об'єктивного оцінювання багатопараметричних компонентів через створення критеріїв видачі релевантної інформації. Об'єктом є процеси формування інформаційних баз ефективних компонентів. Предметом дослідження є формування інформаційної бази ефективних компонентів умовах дрібносерійного виробництва. Методи дослідження засновані на використанні властивостей теорій: умовного моделювання; створення алгоритмів; нульових степеневих комплексів; критеріїв видачі релевантної інформації; узагальнених інформаційних моделей.

Ключові слова: компоненти, критерії, релевантність, інформація, візуалізація, алгоритм.

FORMATION OF THE INFORMATION BASE OF EFFECTIVE COMPONENTS IN THE CONDITIONS OF SMALL-SERIES PRODUCTION

Lukashenko V.¹, Hrygor O.¹, Zubko I.¹, Lukashenko A.², Harder D.²,
Lukashenko V.², Shchukin B.³

¹Cherkasy State Technological University

²Institute of electric welding named after E.O. Paton of the NAS of Ukraine

³SARL BBA, Watch, Le Mans, France

Abstract. The paper solves an urgent problematic task of forming an information base of effective multi-parameter components for the design stages of relevant equipment at small-scale production enterprises by objectively quantifying their performance. The purpose of the study is to form effective an information base of components based on the results of an objective assessment of multi-parameter components by creating criteria for the provision of relevant information. The object is the processes of forming information bases of effective components. The subject of the study is the formation of an information base of efficient components in small-scale production. The research methods are based on the use of the properties of the following theories: conditional modelling; creation of algorithms; zero degree complexes; criteria for the issuance of relevant information; generalised information models.

Keywords: components, criteria, relevance, information, visualization, algorithm.

Вступ. Шляхом аналізу об'єкта досліджень встановлено, що підвищення техніко-економічних показників компонентів спеціалізованих підсистем керування приводить до підвищення ефективності функціонуючих в реальному часі проблемно-орієнтованих систем.

Відомо [1-3], що процес виявлення ефективних компонентів за багатьма параметрами із множини існуючих, таких, що серійно випускаються дуже складний, займає багато часу та потребує використовувати висококваліфікованого розробника, що підвищує вартість виробу. У роботі [2] запропоновано алгоритм об'єктивного оцінювання компонентів системи збору даних і управління шляхом візуалізації критеріїв кількісного об'єктивного оцінювання моделей волоконних лазерних модулів за багатьма параметрами. Недоліком цієї роботи є низька швидкість прийому інформації проектувальником через складність аналізу візуалізації на гістограмах кожного із багатьох параметрів великої множини модулів, що серійно випускаються.

Мета роботи. Метою дослідження є формування ефективної інформаційної бази компонентів за результатами об'єктивного оцінювання багатопараметричних компонентів через створення критеріїв видачі релевантної інформації.

Основна частина. Тому, враховуючи безрозмірність кожного критерію та базуючись на правилах Фур'є, запропоновано створити критерії видачі релевантної інформації як синтез визначених k багатопараметричних критеріїв для кожного із N типів волоконних лазерних модулів. Узагальнена інформаційна модель має вигляд

$$\Psi(P_L; P_M; T_{max}; T_{min}; D_i, D_{max}), \quad (1)$$

де P_L – вихідна потужність лазера, $P_{r, max}$ – нестабільність вихідної потужності лазера, P_{mod} – потужність споживання лазерного модуля, T_{min}, T_{max} – мінімальна, максимальна температури, D – дальність передачі по оптоволоконному кабелю. Значення відповідних параметрів наведено в табл. 1.

Критерії якості за відповідними параметрами [3] визначаються таким чином:

$$K_p = \frac{P_L}{P_M} \rightarrow \max; K_c \rightarrow \min; K_D = \frac{D_{max}}{D_i} \rightarrow \max, D_{max} = 30 \text{ м}; K_T = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Математична модель безрозмірного критерію видачі релевантної інформації для кожного N_i модуля має такий вигляд

$$K_{\Sigma \text{мод}} = \sum_{i=1}^{\eta} K_{imax} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{K_{imin}}, \quad (3)$$

де $K_{imax} \rightarrow 1; K_{imin} \rightarrow 0$ але $\neq 0; N_{\Sigma} = \eta + m$.

За результатами розрахунків (2) і (3) будуються гістограми, які наведено на рис.1.

Таблиця 1

**Реляційна модель даних волоконних лазерних модулів зі
структуризацією за основними показниками**

№	Тип лазерного модуля	Параметри					
		Р _л , кВт	Н _р max, %	Р _{мод} , кВт	T _{min} , °C	T _{max} , °C	D, м
1	YLR-700-MM-WC-Y14	0,7	3	2	10	50	5
2	ЛС-04	0,4	3	2	10	40	10
3	YLR-700-WC-Y14	0,7	3	2,1	10	50	5
4	YLR-1000-MM-WC-Y14	1	3	3	10	50	5
5	2-1000-WC-Y14	1	0,5	3,2	10	50	5
6	JK400FL	0,4	3	1,6	5	45	10
7	JK50FL	0,05	3	0,25	5	45	10
8	YLR-150/1500-QCW-AC-14	0,25	1	1,5	10	40	3
9	YLR-300/3000-QCW-MM-AC-Y14	0,3	1	3	10	35	5
10	YLS-00/6000-QCW-AC-Y15	0,6	2	6	10	35	5
11	YLS-2000-U-Y18	0,6	2	6	10	35	5
12	YLR-2000-MM-WC-Y18	2	3	5,2	10	50	5

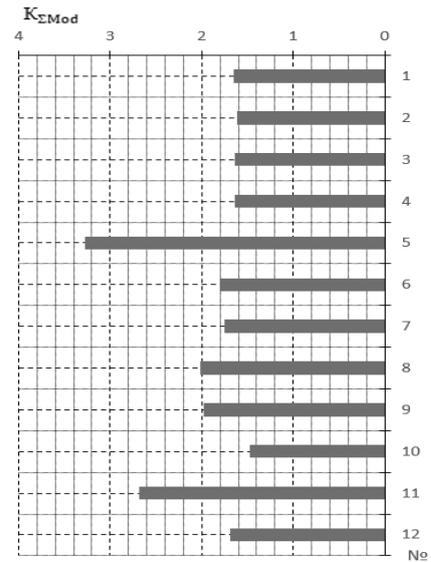


Рис. 1. Гістограми БКВПІ лазерних модулів

Аналіз гістограм (рис.1) підтверджує, що їх кількість зменшується в k раз у порівнянні з прикладом [1].

Висновки. Отже, ефективність сформованої інформаційної бази даних полягає в зменшенні обсягу пам'яті для зберігання майже в $(N \cdot k)$ разів; спрощенні аналізу гістограм; збільшенні швидкості визначення ефективних компонентів завдяки візуалізації.

Список використаних джерел

1. Cesare, Sergio de; Lycett, Mark; Macredie, Robert. D. (2006). *Development of Component-Based Information Systems*. Vol. 2 (1st ed.). New York: M. E. Sharp. p. 52. ISBN 0765612488. ISSN 1554-6152.
2. Рудницький В.М., Гардер Д.А., Зубко І.А., Лукашенко А.Г., Лукашенко В.М. (2021) *Інформаційна технологія багатокритеріального кількісного об'єктивного оцінювання моделей волоконних лазерних модулів*, Nauka i studia, Przemysl, № 5, pp. 39–45,
3. Лукашенко А. Г. (2014) *Математична модель узагальненого показника якості компонентів лазерного технологічного обладнання* Вісник Хмельницького національного університету. № 4 (215). С. 31–36, ISSN 2307-5732

**АДАПТИВНЕ ВИЯВЛЕННЯ ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ В УМОВАХ НЕПОВНОЇ
ВИЗНАЧЕНОСТІ НЕГАУССІВСЬКИХ ЗАВАД**

Мартиненко С.С.¹, Кондрашин Є.М.¹, Кутирь В.В.¹, Тележинський В.Д.¹, Круль К.²

¹Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

²CFF GmbH & Co. KG, Ilmenau, Germany

Анотація. Доповідь присвячена дослідженню адаптивного методу виявлення імпульсних сигналів, що приймаються в адитивній суміші з негауссівськими завадами. У роботі розглядається проблема виявлення сигналів в умовах невизначеності параметрів завади так і її зміни в процесі спостереження. Запропоновано метод адаптації, який базується на введенні блоку розрахунку параметрів завади, що в свою чергу дозволяє оптимально провести процес виявлення корисного сигналу. Досліджено вплив різних параметрів завади на ефективність роботи поліноміального алгоритму виявлення корисного імпульсного сигналу. Результати дослідження вказують на потенційну ефективність запропонованого підходу в умовах неповної визначеності негауссівських завад.

Ключові слова: адаптивний алгоритм виявлення, вимірювання параметрів негауссівської завади, кількість вилученої інформації про розрізнення гіпотез, прийняття рішення.

ADAPTIVE DETECTION OF PULSE SIGNALS UNDER CONDITIONS OF INCOMPLETE DETERMINATION OF NON-GAUSSIAN NOISE

Martynenko S.S.¹, Kondramashin E.M.¹, Kutyr V.V.¹, Telezhynskiy V.D.¹, Krol K.²

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²CFF GmbH & Co. KG, Ilmenau, Germany

Abstract. The report is devoted to the study of an adaptive method of detection of impulse signals received in an additive mixture with non-Gaussian interference. The paper considers the problem of signal detection in the conditions of uncertainty of interference parameters and its changes during the observation process. An adaptation method is proposed, which is based on the input of the interference parameter calculation block, which in turn allows to optimally carry out the process of detecting a useful signal. The impact of various interference parameters on the efficiency of the polynomial algorithm for detecting a useful pulse signal is studied. The results of the study indicate the potential effectiveness of the proposed approach in conditions of incomplete certainty of non-Gaussian disturbances.

Keywords: adaptive detection algorithm, measurement of parameters of non-Gaussian interference, amount of extracted information on distinguishing hypotheses, decision-making.

Вступ. У сучасному світі розвиток інформаційних технологій передбачає використання радіоелектронних систем у найрізноманітніших сферах, включаючи телекомунікації, медицину, оборону та наукові дослідження. Проте, використання таких систем у реальних умовах часто стикається з проблемами, пов'язаними з виявленням імпульсних сигналів в умовах наявності адитивних негауссівських завад. Природа негауссівських завад може бути різноманітна [1]. Їх присутність ускладнює задачу виявлення сигналів та потребує розробки адаптивних методів обробки сигналів, які були б ефективними в умовах невизначеності параметрів завади.

У даній роботі досліджується проблема адаптивного виявлення імпульсних сигналів в умовах негауссівських завад. Представлені методи адаптації, які дозволяють ефективно виявляти імпульсні завади сигнали із врахуванням параметрів завади. В роботі проводиться аналіз впливу різних параметрів завади на ефективність виявлення.

Мета роботи – розробка та дослідження адаптивного поліноміального виявляча імпульсних сигналів в умовах неповної визначеності негауссівських завад.

В процесі роботи необхідно провести експериментальне вивчення ефективності запропонованого методу в різних умовах із змінними параметрами завади та оцінити можливість потенційного застосування результатів дослідження в радіоелектронних системах для практичних цілей.

Постановка проблеми. Задача виявлення сигналів носить статистичний характер. Вирішення проблеми виявлення сигналів на фоні негауссівських завад базується на опису негауссівських послідовностей і процесів за допомогою використання усереднених числових характеристик. Цей підхід досить широко поширюється, так як має відносну простоту в застосуванні й при цьому має високу ефективність результатів

Основна частина. Проведений аналіз літератури вказує на існуючі методи виявлення сигналів, їхні переваги та обмеження використання за умови негауссовості завади, коли неможливо використати щільність розподілу імовірностей. Тому в якості опису сигналу та завади використовується моментний чи кумулянтний опис при гіпотезі і альтернативі, на відміну від [2], де використовуються щільності розподілу імовірностей.

Оптимальне вирішувальне правило буде представлено в вигляді поліноміального вирішувального правила ступеню $s=1,2,3$, яке буде оптимальне за моментним критерієм якості прийняття рішення. На відміну від попередніх розробок, де параметри завади вважалися відомими, в структурну схему виявляча сигналів необхідно додати вимірювач

параметрів завади та формувач коефіцієнтів оптимального вирішувального правила. Даний вимірник дозволяє визначати параметри завади методом моментів (середнє значення, дисперсію, коефіцієнти асиметрії та ексцесу). Узагальнена структурна схема адаптивного виявляча представлена на рис.1. Для перевірки роботи запропонованої структури виявляча було проведено дослідження та імітаційне моделювання при різних значеннях відношення сигнал/завада (q) за потужністю.

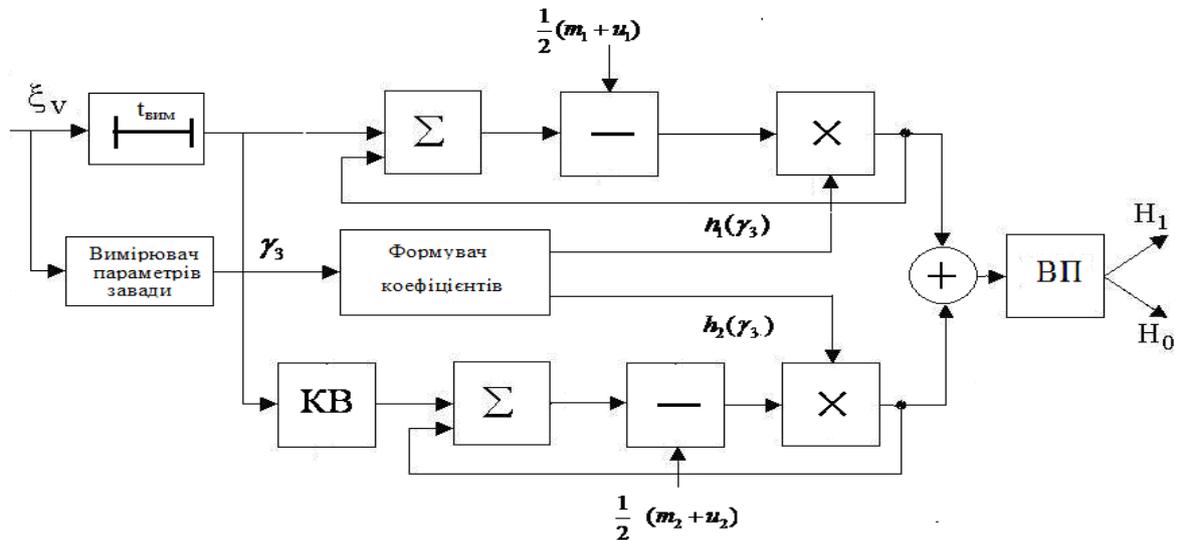


Рис. 1. Структурна схема адаптивного поліноміального виявляча при $S=2$

Висновки. Результати проведених теоретичних досліджень та імітаційного моделювання підтверджують високу ефективність запропонованого методу виявлення імпульсних сигналів за умови невизначеності параметрів негауссівських завад. Отримані результати можуть мати практичне значення для розробки та вдосконалення радіоелектронних та робототехнічних систем, що використовуються у різних сферах діяльності людини.

Список використаних джерел

1. Прокопенко І. Г. Статистична обробка сигналів: навч. посіб./І.Г. Прокопенко. К.: НАУ, 2011. 220 с.
2. Pia Addabbo, Olivier Besson, Danilo Orlando, Giuseppe Ricci. Adaptive Detection of Coherent Radar Targets in the Presence of Noise Jamming. IEEE Transactions on Signal Processing, 2019, 67 (24), pp.6498-6510. f10.1109/TSP.2019.2954499ff. f1hal-02613952f

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МЕРЕЖЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЛАЗЕРНИМ КОМПЛЕКСОМ

Пилипенко Т.М., Туз В.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У статті розглянуто особливості та переваги застосування інформаційних технологій для мережевого управління портативними лазерними комплексами. Метою роботи є дослідження можливостей впровадження інформаційних технологій у процес управління портативними лазерними комплексами з метою оптимізації технологічних процесів на малих та середніх підприємствах, що спеціалізуються на лазерній обробці різноманітних матеріалів. Основним завданням є дослідження можливостей забезпечення ефективного та точного управління портативними лазерними комплексами за допомогою інформаційних технологій та виявлення нових шляхів для підвищення продуктивності та якості виробництва. Об'єктом дослідження є процес управління лазерним комплексом; предметом дослідження є методи та засоби мережевого управління за допомогою інформаційних технологій. Показано, що за допомогою мережевих

інформаційних технологій можна покращити управління портативними лазерними комплексами, щоб забезпечити більш ефективне (швидкість оброблення збільшується в 2,2-2,5 рази) та точне (максимальне відхилення лазерного променя від заданої траєкторії складатиме не більше 25% від діаметру лазерного променя в зоні оброблення) оброблення матеріалів.

Ключові слова: інформаційні технології, мережеве управління, лазерний верстат, технологічний комплекс.

FEATURES OF APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR NETWORK CONTROL OF THE LASER COMPLEX

Pylypenko T., Tuz V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article considers the features and advantages of using information technologies for network management of portable laser systems. The aim of the work is to study the possibilities of introducing information technologies into the process of managing portable laser systems in order to optimise technological processes at small and medium-sized enterprises specialising in laser processing of various materials. The main objective is to study the possibilities of ensuring efficient and accurate management of portable laser systems using information technology and to identify new ways to improve productivity and quality of production. The object of the study is the process of managing a laser complex; the subject of the study is the methods and means of network management using information technology. It is shown that network information technologies can be used to improve the management of portable laser systems to ensure more efficient (processing speed increases by 2.2-2.5 times) and accurate (the maximum deviation of the laser beam from the specified trajectory will be no more than 25% of the diameter of the laser beam in the processing area) processing of materials.

Keywords: information technology, network management, laser machine, technological complex.

Вступ. Впровадження інформаційних технологій в процес управління портативними лазерними комплексами, знаходять останнім часом широке застосування у промисловості через розвиток малих та середніх підприємств, діяльність яких спеціалізується на лазерній обробці різноманітних матеріалів [1]. Застосування таких інформаційних технологій є актуальним завдяки швидкому розвитку цієї галузі та зростанню потреб у забезпеченні ефективного та точного управління [2]. Подальша інтеграція цих технологій в мережеве керування відкриває нові можливості для оптимізації технологічних процесів, що забезпечує високу швидкість та точність виконання завдань.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження можливостей впровадження інформаційних технологій у процес управління портативними лазерними комплексами з метою оптимізації технологічних процесів на малих та середніх підприємствах, що спеціалізуються на лазерній обробці різноманітних матеріалів.

Постановка задачі. Запровадження нових підходів для підвищення продуктивності та якості виробництва зумовлене можливістю застосування сучасних мережевих інформаційних технологій для управління портативними лазерними комплексами. Це дозволить створити перспективні технологічні лінії, що лежать в основі новітніх виробництв та підвищити ефективність і точність виробничих процесів. Інтеграція ж сучасних інформаційних технологій у процеси виробництва сприятиме зменшенню витрат часу і ресурсів, а також підвищить ступінь автоматизації та контролю над цими процесами.

Вирішення проблеми. Як відомо [3], мережеві інформаційні технології забезпечують швидкий та надійний обмін даними між різними пристроями та системами, що є важливим для вирішення складних управлінських завдань. В той же час, ці технології дозволяють централізовано збирати, аналізувати та зберігати великі обсяги даних, що може ефективно керувати виробничими процесами, ресурсами та персоналом. Мережеві технології також дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг, як технологічного процесу, так і виробничого обладнання, що робить можливим його віддалене керування.

Мережева інформаційна система управління лазерним комплексом складається з центрального контролера та низки підсистем, кожна з яких відповідає за керування конкретними аспектами роботи комплексу, рис. 1.

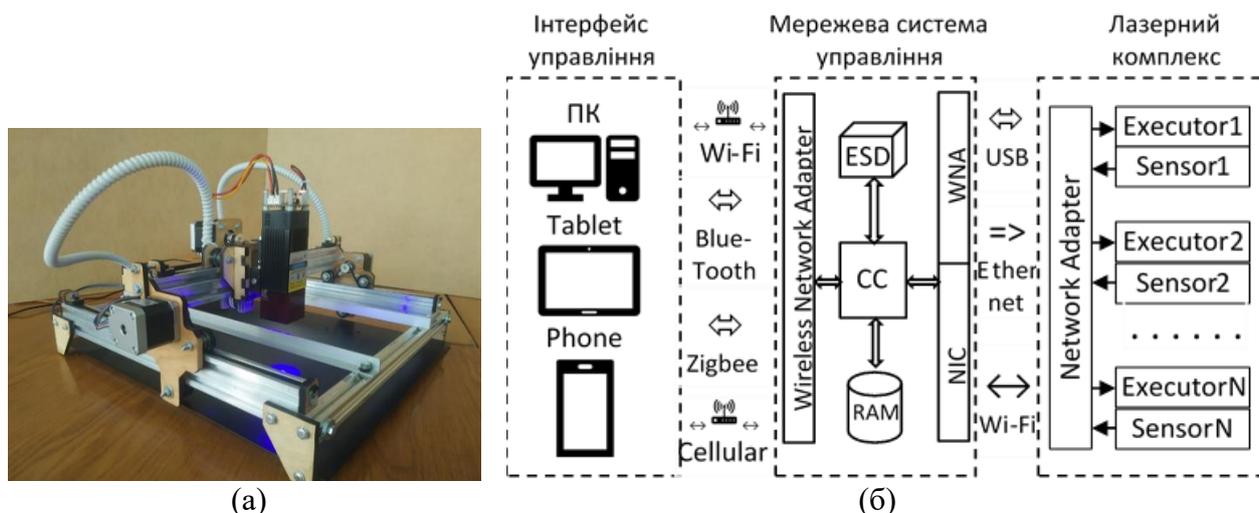


Рис. 1. Зовнішній вигляд портативного лазерного комплексу (а) та структурна схема мережевої інформаційної системи (б)

Центральний контролер (CC) є головним вузлом мережевої системи управління, він отримує дані від сенсорів та модулів блоку лазерного комплексу, які можуть передаватися, як за допомогою бездротових, так і за допомогою дротових технологій з використанням мережевих адаптерів системи управління та виконавчого пристрою, аналізує їх та приймає рішення щодо оптимального керування комплексом. З іншого боку, центральний контролер має бездротове підключення до інтерфейсу управління (яке може бути реалізовано на значну віддалі з використанням мережевих модемів або роутерів, так і для пристроїв, що знаходяться в радіусі дії цих мереж) в якості якого можуть виступати як стаціонарні пристрої (наприклад, ПК), так і мобільні пристрої (планшети, смартфони). В той же час, центральний контролер має під'єднання до блоків оперативної пам'яті (RAM) та зовнішнього накопичувача (ESD), що дозволяє зберігати, обробляти та передавати дані для подальшого використання або архівування. На схемі (рис.1.б) чітко виділені основні етапи обробки інформації та передачі команд у системі, що забезпечує її оптимальну роботу.

Принцип роботи системи. Підсистеми лазерного комплексу, такі як блоки керування лазером, системи охолодження та захисту, отримують команди від центрального контролера та виконують їх за допомогою даних, які передаються мережевими технологіями у вигляді G-коду за протоколом RS-232 або Ethernet. Це забезпечує скоординовану роботу всіх компонентів системи та забезпечує високу ефективність та точність виконання завдань.

У результаті проведених практичних досліджень, встановлено, що мережева інформаційна система управління лазерним комплексом є ключовим елементом для досягнення ефективності та точності виробничих процесів.

На завершення, слід підкреслити, що мережеві інформаційні технології є не лише ефективним інструментом для оптимізації управління, але й важливою складовою в розвитку підприємства, що забезпечує йому конкурентні переваги та стабільний ріст.

Висновок. В ході проведених досліджень, були встановлені можливості забезпечення більш ефективного (швидкість оброблення матеріалів збільшено у 2,2 – 2,5 рази) та точного (максимальне відхилення лазерного променя від заданої траєкторії – не більше 25% від діаметру лазерного променя в зоні оброблення, що становить 27,5 мкм) управління портативними лазерними комплексами за допомогою застосування мережевих інформаційних технологій для підвищення продуктивності та якості виробництва серед яких слід відмітити технологію відстеження та контролю якості та систему глибокого навчання для оптимізації параметрів оброблення.

Список використаних джерел

1. Nevliudov I., Yevsieiev V. et al. (2021). Evolutions of group management development of mobile robotic platforms in Warehousing 4.0. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. No. 4 (18). P. 57-64. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.18.057>
2. Ripoll N.G., Aguilera L.E.G. et al. (2021). Design, Implementation, and Configuration of Laser Systems for Vehicle Detection and Classification in Real Time. *Sensors*. Vol.21, No. 6, P. 2082. <https://doi.org/10.3390/s21062082>
3. Chi L., Ravichandran T., Andrevski G. (2010). Information technology, network structure, and competitive action. *Information systems research*, Vol. 21, No. 3. P. 543-570. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0296>

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НАДМАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Тичков Д.В.¹, Титаренко В.С.², Бондаренко М.О.³

¹Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Черкаси, Україна

²Черкаський обласний онкологічний диспансер, Черкаси, Україна

³Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У статті представлені результати розроблення нової інформаційної технології для аналізу і оброблення експериментально отриманих даних про електричні поля, а також випробування створеної на її основі інформаційно-вимірювальної системи для визначення і дослідження силових та енергетичних характеристик електричних полів низької потужності, які виникають у різноманітних мікроелектронних пристроях. Метою роботи є розроблення інформаційної технології, основу якої становить інформаційно-вимірювальна система, і яка дозволяє проводити високоточні дослідження характеристик та візуалізацію розподілу електричних полів надмалої потужності в режимі реального часу. Об'єктом дослідження є процес високоточного дослідження характеристик електричних полів надмалої потужності; предметом дослідження є інформаційна технологія для оброблення даних про електричні полі, розрахунку силових і енергетичних характеристик цих полів та візуалізації отриманих результатів. В роботі розроблено нову інформаційну технологію для аналізу і оброблення експериментально отриманих даних про електричні поля надмалої потужності, що виникають в мікроелектронних пристроях. Розроблена інформаційна технологія знайшла практичне застосування в інформаційно-вимірювальній системі, що дозволило підвищити точність (на 4,5 – 7,5%) та адекватність визначення і дослідження силових та енергетичних характеристик електричних полів.

Ключові слова: інформаційна технологія, інформаційно-вимірювальна система, електричне поле, силові характеристики, енергетичні характеристики.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE STUDY OF ULTRA-LOW POWER ELECTRIC FIELDS

Tychkov D.¹, Tytarenko V.², Bondarenko M.³

¹State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Cherkasy, Ukraine

²Cherkasy Regional Oncological Dispensary, Cherkasy, Ukraine

³Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article presents the results of the development of a new information technology for analysing and processing experimentally obtained data on electric fields, as well as testing the information and measuring system created on its basis to determine and study the power and energy characteristics of low-power electric fields arising in various microelectronic devices. The aim of the work is to develop of information technology, based on an information and measurement system, which allows for high-precision research of characteristics and visualisation of the distribution of ultra-low power electric fields in real time.

The object of research is the process of high-precision study of the characteristics of ultra-low power electric fields; the subject of research is information technology for processing data on electric fields, calculating the power and energy characteristics of these fields and visualising the results. In this work, a new information technology has been developed for analysing and processing experimentally obtained data on ultra-low power electric fields arising in microelectronic devices. The developed information technology has found practical application in the information-measuring system, which made it possible to increase the accuracy (up to 4.5-7.5%) and adequacy of determining and studying the power and energy characteristics of electric fields.

Keywords: information technology, information and measuring system, electric field, power characteristics, energy characteristics.

Вступ. Актуальним завданням в сучасних мікроелектроніці, мікросхемотехніці, нанотехнологіях, тощо, є виконання високоточного дослідження силових та енергетичних параметрів електричних полів низької потужності, які виникають у різноманітних мікроелектронних пристроях, а також можливість отримання та візуалізації їх просторово-часового розподілу [1].

Мета роботи. Метою роботи є розроблення інформаційної технології, основу якої становить інформаційно-вимірювальна система, і яка дозволяє проводити високоточні дослідження характеристик та візуалізацію розподілу електричних полів надмалої потужності в режимі реального часу.

Постановка задачі. Встановлення можливостей застосування інформаційних технологій при дослідженні силових та енергетичних характеристик електричних полів надмалої потужності полягає у можливості інтеграції сучасних інформаційно-вимірювальних систем у комп'ютеризовані комплекси за-для створення високоефективної вимірювальної мережі, що складає основу новітніх вимірювальних лабораторних комплексів [2] і дозволяє з високою точністю та оперативністю візуалізувати просторово-часовий розподіл електричних полів. Наукова робота спрямована на розроблення і дослідження інформаційно-вимірювальної системи для визначення характеристик електричних полів надмалої потужності із залученням сучасних інформаційних технологій, наприклад, оброблення даних про електричні полі, розрахунку силових і енергетичних характеристик цих полів та візуалізації отриманих результатів.

Вирішення проблеми. Авторами роботи розроблена інформаційна технологія, яка використовує передові методи обробки даних та аналізу великих об'ємів інформації для визначення силових і енергетичних характеристик та візуалізації розподілу електричних полів низької потужності. Така технологія дозволяє високоточно визначати розподіл електричних полів в режимі реального часу та оперативно реагувати на зміни цих полів у середовищі.

Для визначення силових та енергетичних характеристик електричного заряду колективом фахівців Черкаського державного технологічного університету була проведена практична реалізація інформаційної технології дослідження електричних полів надмалої потужності шляхом розроблення інформаційно-вимірювальної системи, зовнішній вигляд та структурна схема якої наведена на рис. 1, а її вимірювальні характеристики – в табл. 1.

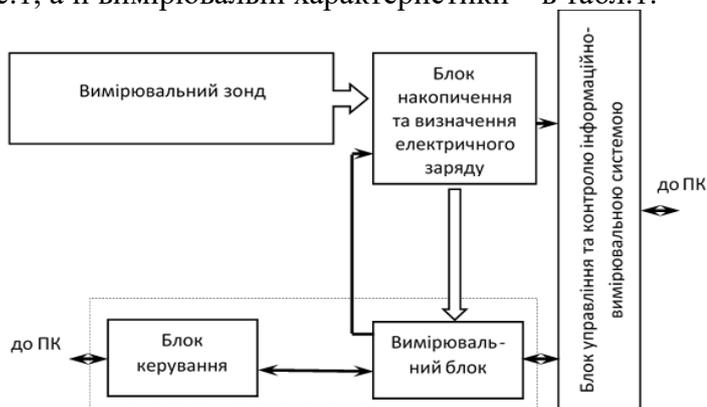
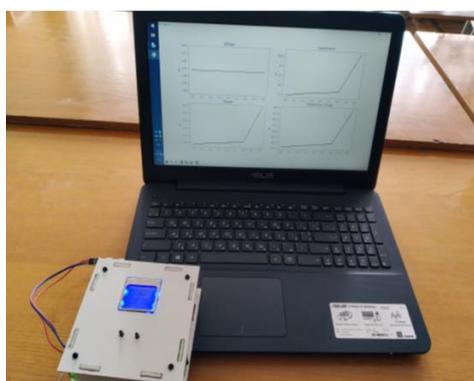


Рис. 1. Зовнішній вигляд та структурна схема інформаційно-вимірювальної системи

Вимірювальні характеристики інформаційно-вимірювальної системи

Вимірювальні характеристики	Діапазон значень	Відносна похибка вимірювання, %
Діапазон значень виявленого залишкового заряду, $\times 10^{-9}$, Кл	1 – 3500	$\pm (2,7 - 5)$
Визначена електроємність, $\times 10^{-12}$, Ф	0,2 – 6500	$\pm (5 - 7,5)$
Електрична напруженість, $\times 10^{-9}$, Ф/м	0,5 – 1050	$\pm (3 - 4,5)$

Основними елементами розробленої інформаційно-вимірювальної системи є система управління та контролю, що включає чотири вимірювальні блоки: блок накопичення і визначення малого електричного заряду, призначений для збирання та зберігання даних про електричні заряди надмалої потужності, що виникають у досліджуваних системах, за-для подальшого визначення їх за допомогою відповідних алгоритмів та методів аналізу даних, що здійснюється у вимірювальному блоці. Управління останнім здійснюється блоком керування, яким служить основним керуючим та комутуючим пристроєм, однією з головних задач якого (окрім керування процесом вимірювання та моніторингу електричних полів та їх енергетичних і силових характеристик) є задача передачі отриманої інформації на управляючий ПК для оброблення та візуалізації цих даних. Узгодження вимірювального блоку з блоком накопичення і визначення малого електричного заряду здійснюється через блок управління і контролю інформаційно-вимірювальної системи, основне призначення якого є забезпечення координації та контролю роботи всіх компонентів системи, а також здійснення необхідних керуючих функцій і підтримка стабільності та ефективності роботи системи. Паралельно з вищезазначеними функціями, запропонована інформаційна технологія дозволяє проводити обмін інформацією із зовнішніми ПК та обчислювальними системами, що дозволяє не лише покращити процес акумулювання, оброблення та візуалізації інформації, але й здійснювати інтеграцію розробленої інформаційно-вимірювальної системи з іншими комп'ютеризованими пристроями, системами та комплексами, у тому числі й аналогічними інформаційно-вимірювальними системами, створюючи на їх основі вимірювальну мережу, яка може лягти в основу нових перспективних рішень організації сучасних вимірювальних лабораторних комплексів.

Експериментальні дослідження підтверджують ефективність та точність розробленої інформаційної технології. Отримані результати демонструють можливості як розробленої інформаційної технології, так і створеної на її основі інформаційно-вимірювальної системи з високою точністю визначення характеристик електричних полів та візуалізації, що робить її ідеальним інструментом для проведення досліджень у сфері мікроелектроніки та інших важливих галузях.

Висновок. В ході проведених досліджень, були показані результати роботи розробленої інформаційної технології для аналізу та оброблення даних щодо електричних полів низької потужності, які виникають на заряджених поверхнях та в мікроелектронних пристроях. Показане, що практичне застосування такої інформаційної технології може бути реалізоване у вигляді інформаційно-вимірювальної системи, що дозволяє підвищити точність (від 4,5% до 7,5%) і адекватність визначення та аналізу характеристик електричних полів. Значення цих характеристик дозволяє встановити розподіл таких електричних полів в просторі та часі. Також, розроблювана інформаційно-вимірювальна система може бути використана для моніторингу електричних полів надмалої потужності.

Список використаних джерел

1. Li C., Zhu Sh., Wang J. et al. (2023). High Precision Measurement of Electric Field at the Nanoscale in Optomechanical Systems. *IEEE Sensors*. October 2023. P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/SENSORS56945.2023.10325145>
2. Elben A., Flammia S. T. et al. (2023). The randomized measurement toolbox. *Nature Reviews Physics*, Vol. 5 (1). P. 9 – 24. <https://doi.org/10.1038/s42254-022-00535-2>

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ КОМПЛЕКСАМИ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Топтун А.В., Басараб О.С.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У статті проводиться ознайомлення з особливостями застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики. Основною метою роботи є дослідження особливостей використання інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики, що дозволяє розкрити потенціал таких технологій при оптимізації роботи альтернативних енергетичних систем, а також підвищити їхню ефективність та надійність. Об'єктом дослідження є процес управління комплексами альтернативної енергетики; предметом дослідження є методи та засоби застосування інформаційних технологій в системах управління енергетичними комплексами. В роботі встановлено, що застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики є перспективним напрямком розвитку. Аналіз впливу цих технологій на різні аспекти функціонування альтернативних енергетичних систем підтверджує їхню значимість для оптимізації виробництва, зберігання та розподілу енергії. Отримані результати свідчать про перспективи використання інформаційних технологій у підвищенні ефективності та надійності альтернативних енергетичних систем.

Ключові слова: система управління, альтернативна енергетика, інформаційні технології, енергетична мережа.

PECULIARITIES OF APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT SYSTEMS OF ALTERNATIVE ENERGY COMPLEXES

Toptun A., Basarab O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article provides an overview of the peculiarities of application of information technologies in the management systems of alternative energy complexes. The main purpose of the study is to investigate the peculiarities of using information technologies in the management systems of alternative energy complexes, which allows unlocking the potential of such technologies in optimising the operation of alternative energy systems, as well as increasing their efficiency and reliability. The object of the study is the process of managing alternative energy complexes; the subject of the study is the methods and means of applying information technologies in the management systems of energy complexes. The paper establishes that the use of information technologies in the management systems of alternative energy complexes is a promising area of development. The analysis of the impact of these technologies on various aspects of the functioning of alternative energy systems confirms their importance for optimising the production, storage and distribution of energy. The results obtained indicate the prospects of using information technologies to improve the efficiency and reliability of alternative energy systems.

Keywords: management system, alternative energy, information technology, power grid.

Вступ. У сучасному світі питання ефективного використання енергетичних ресурсів та розвитку альтернативних джерел енергії стає все більш актуальним і стратегічно важливим [1]. За-для забезпечення сталого розвитку та зменшення негативного впливу на довкілля, велика увага приділяється розробленню та впровадженню інноваційних систем управління комплексами альтернативної енергетики [2]. Інформаційні технології в цьому контексті відіграють ключову роль, надаючи можливість збиранню, обробленню та аналізу великих обсягів даних, що дозволяє оптимізувати роботу енергетичних систем, підвищувати їхню надійність та ефективність. Актуальність роботи полягає в ознайомленні з особливостями застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження особливостей використання інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики,

що дозволяє розкрити потенціал таких технологій при оптимізації роботи альтернативних енергетичних систем, а також підвищити їхню ефективність та надійність.

Постановка задачі. Дослідження можливостей застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики полягає у вивченні ключових аспектів наукової задачі, можливості інтеграцію сучасних інформаційних технологій в системи управління енергетичними комплексами, а також у дослідженні впливу цих технологій на різні аспекти функціонування альтернативних енергетичних систем, включаючи оптимізацію виробництва, зберігання та розподілу енергії. Наукове дослідження спрямоване на визначення переваг та можливостей використання інформаційних технологій для підвищення ефективності та надійності альтернативних енергетичних систем.

Вирішення проблеми. Управління енергетичними комплексами стає все складнішим завданням у зв'язку зі зростанням обсягів виробництва енергії, розвитком різних джерел енергії та необхідністю ефективного використання ресурсів. Основні завдання інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики полягають у такому:

- інтеграція даних та аналітика: впровадження сучасних інформаційних технологій дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних з різних джерел, що допомагає управляти енергетичними комплексами більш ефективно;
- інтелектуальні системи управління: використання штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє розробляти прогностичні моделі, оптимізувати процеси та прогнозувати навантаження для забезпечення стабільності системи альтернативного енергозабезпечення;
- дистанційне керування та моніторинг: впровадження систем дистанційного керування дозволяє здійснювати моніторинг стану обладнання та оптимізувати його роботу з використанням даних в реальному часі.

При цьому, розв'язання цих завдань в системах управління енергетичними комплексами альтернативної енергетики розкриває широкі можливості для оптимізації роботи, підвищення продуктивності та забезпечення стійкості енергетичного сектору. Дослідження та впровадження таких технологій є важливим кроком у розвитку сучасних та надійних систем енергопостачання, рис. 1.

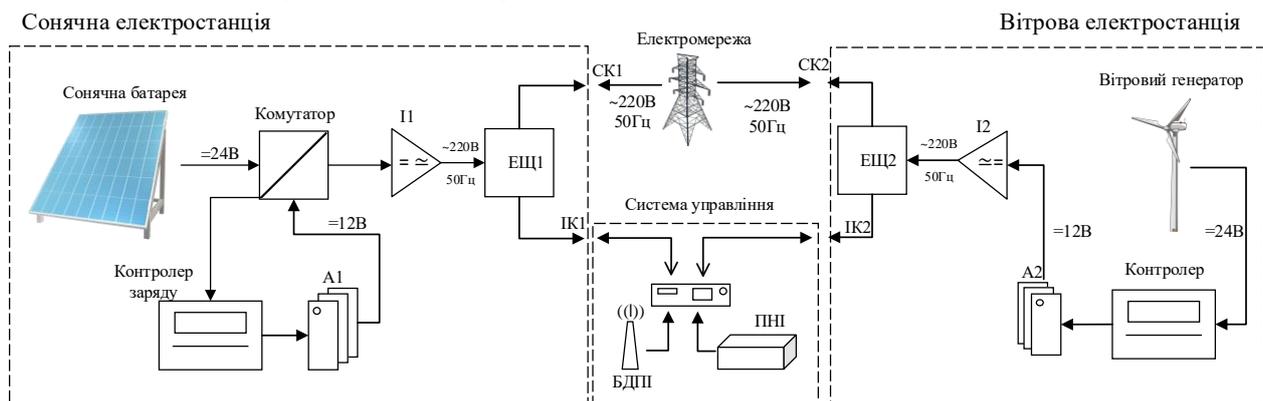


Рис.1. Функціональна схема системи управління комплексами альтернативної енергетики: А1, А2 – акумуляторні батареї; БДП – бездротовий передавач інформації; ЕЩ1, ЕЩ2 – електросилові щити; І1, І2 – інвертори напруги; ІК1, ІК2 – інформаційні канали; ПНІ – пристрій накопичення інформації; СК1, СК2 – силові канали.

Зовнішні електростанції альтернативної енергетики є головними джерелами енергії навантаження, які живлять центральну електромережу. Сонячна електростанція складається з комплексу сонячних батарей, які видають електронавантаження максимальної напруги до 24 В, яка через комутатор подають електрику на інвертор І1, де остання перетворюється в напругу 220 В змінного струму стабільною частотою 50 Гц. Паралельно з цим, подача

електрики через комутатор регулюється через контролер заряду та акумуляторних батарей А1 (де відбувається накопичення «зайвої» електрики при максимальному освітленні сонячних батарей та віддача електрики в мережу (знову, через комутатор) при недостачах вироблення електрики сонячними батареями – наприклад, у похмуру погоду або у вечірньо-нічний період). Електрика, інвертована у 220 В змінного струму подається на електросиловий щит ЕЩ1, який видає силове навантаження у зовнішню комерційну електромережу, при цьому керування останнім відбувається через інформаційний канал ІК1 системою управління. З іншого боку, паралельно підключенню до сонячних електростанцій, пропонується здійснювати диверсифікацію видобутку альтернативної енергії застосувавши, наприклад, підключення до енергетичного комплексу альтернативної енергетики, вітрової електростанції, основним елементом якої є мережа вітрогенераторів, що підключені паралельно через контролер 24 В до накопичувальної акумуляторної батареї А2, призначення якої – аналогічне до призначення акумуляторної батареї А1. Електрика з акумуляторної батареї А2 через інвертор І2 (де вона перетворюється в напругу 220 В змінного струму стабільною частотою 50 Гц) потрапляє через електросиловий щит ЕЩ2 в якості силового навантаження у зовнішню комерційну електромережу. При цьому керування останнім відбувається через інформаційний канал ІК2 системи управління.

Таким чином, в результаті дослідження особливостей використання інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики, показано підвищення її ефективності (зниження часу зворотного зв'язку на 15-18%) та надійності (підвищення терміну беззбійної роботи енергетичного комплексу альтернативної електроенергетики на 23-25%).

Висновок. У науковій роботі встановлено, що можливості застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики є важливим напрямком розвитку. Досліджена можливість інтеграції сучасних інформаційних технологій в системи управління енергетичними комплексами, а також проведено аналіз впливу цих технологій на різні аспекти функціонування альтернативних енергетичних систем, чим підтверджується їхня значимість для оптимізації виробництва, зберігання та розподілу енергії. Отримані результати доводять перспективність використання інформаційних технологій для підвищення ефективності та надійності альтернативних енергетичних систем.

Список використаних джерел

1. Gohar D. Md K., Mohd S., Daud A., Mohammed A. S. (2023). Renewable energy in the 21st century: A review. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 80. P. 1756 – 1759. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.501>
2. Hossain J., Kadir A.F.A., Hanafi A.N., Shareef H., Khatib T., Baharin K.A., Sulaima M.F. (2023). A Review on Optimal Energy Management in Commercial Buildings. *Energies*. Vol. 16 (4). P.1609. <https://doi.org/10.3390/en16041609>

МЕТОД КЕРУВАННЯ КРИЛАМИ ЛІТАЮЧОГО МІНІРОБОТА РОЗМІРОМ З КОМАХУ ЗА ДОПОМОГОЮ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ПОВІТРЯВИПРОМІНЮВАЧА

Філімонов С.О., Базіло К.В., Філімонова О.С., Філімонова Н.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою даної роботи є вдосконалення конструкції актуатора літаючого мініробота розміром з комаху шляхом створення нового методу керування крилами за допомогою п'єзоелектричного повітрявипромінювача. Актуальність роботи пов'язана з розробкою нового методу керування крилами літаючого мініробота розміром з комаху та на основі цього створення нового типу вузла актуатора. Розробка таких роботів обумовлена використанням для численних

застосувань від пошуково-рятувальних операцій до моніторингу навколишнього середовища і біологічних досліджень. Окрім цього, вони можуть бути ідеальним пристроєм для спостереження та вивчення важкодоступних місць з передачею даних в базу. В результаті роботи вперше запропоновано та створено модель актуатора для літаючих мініроботів на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача. За допомогою експериментальних досліджень визначені раціональні розміри вузла актуатора нового типу на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача. Окрім цього, створені дослідні зразки та проведені експериментальні дослідження нового вузла актуатора на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача.

Ключові слова: повітряний мініробот, актуатор, п'єзоелектричний повітрявипромінювач, монокрило, дослідний зразок, новий метод.

METHOD OF CONTROLLING THE WINGS OF AN INSECT-SIZED FLYING MINIROBOT USING A PIEZOELECTRIC AIR EMITTER

Filimonov S., Bazilo C., Filimonova O., Filimonova N.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of this work is to improve the design of the actuator of a flying insect-sized mini-robot by creating a new method of controlling the wings using a piezoelectric air emitter.

The relevance of the work is related to the development of a new method of controlling the wings of a flying mini-robot the size of an insect and, based on this, the creation of a new type of actuator assembly. The development of such robots is due to use for numerous applications from search and rescue operations to environmental monitoring and biological research. In addition, they can be an ideal device for observing and studying hard-to-reach places with data transmission to the base. As a result of the work, a model of an actuator for flying minirobots based on a piezoelectric air emitter was proposed and created for the first time. With the help of experimental studies, the rational dimensions of the actuator assembly of a new type based on a piezoelectric air emitter were determined. In addition, prototypes were created and experimental studies of a new actuator assembly based on a piezoelectric air emitter were carried out.

Keywords: air minirobot, actuator, piezoelectric air emitter, monowing, prototype, new method.

Вступ. Сьогодні літаючі мініроботи мають застосування в таких завданнях, як моніторинг і боротьба зі шкідниками в сільському господарстві, отримання зображень для геологічної зйомки, видобутку корисних копалин, та фотограмметрія, моніторинг стихійних лих, пошук та порятунок, обстеження наземної та водної дикої природи, перевірка ліній та споруд у розумних містах, екологія моніторингу та морського спостереження та інших [1].

Метою роботи є вдосконалення актуатора літаючого мініробота розміром з комаху шляхом створення нового методу керування крилами за допомогою п'єзоелектричного повітрявипромінювача.

Постановка задачі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

–проаналізувати особливості сучасних літаючих мініроботів розміром з комаху та основні результати досліджень робочих процесів в них;

–за допомогою експериментальних досліджень визначити раціональні геометричні розміри вузла актуатора нового типу на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача;

–створити модель актуатора нового типу на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача для літаючих мініроботів та провести експериментальні дослідження.

Вирішення проблеми. Проаналізувавши конструкції актуаторів які використовуються у мініроботах розміром з комаху авторами запропоновано новий метод керування крилами літаючого мініробота [2]. Суть роботи нового типу вузла актуатора полягає в керуванні крилами за рахунок впливу повітря під певним тиском та з певною частотою за допомогою повітрявипромінювача на монокрило. Функціональна схема моделі нового типу вузла актуатора представлена на рис. 1.

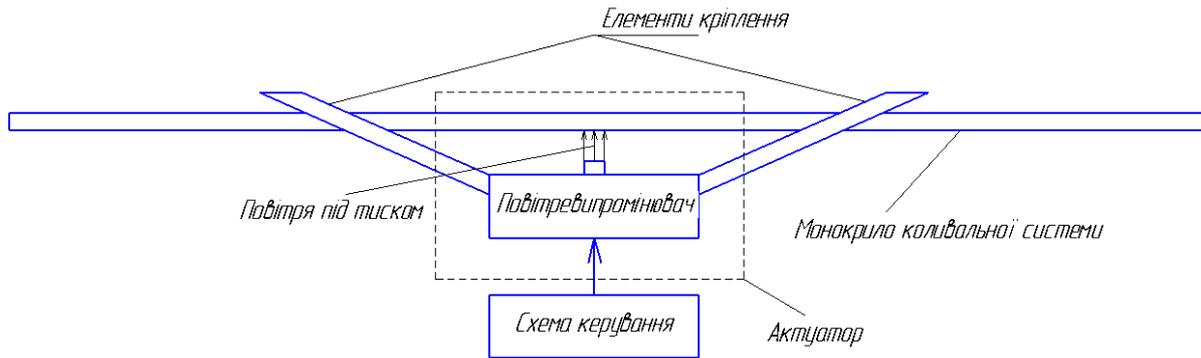


Рис. 1. Функціональна схема моделі літаючого мініробота розміром з комаху з новим типом актуатора на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача

Принцип роботи запропонованого актуатора полягає в наступному. Схема керування на основі мікроконтролера генерує імпульси з певною частотою та алгоритмом, які поступають на повітрявипромінювач. В свою чергу повітрявипромінювач починає генерувати повітря під тиском. На деякій відстані від виходу повітря знаходиться монокрило, яке являє собою коливальну систему (балку на двох шарнірних опорах) фіксовану на елементах кріплення. Частина монокрила після системи кріплення являє собою крила. Таким чином, спрямована дія повітря у центр монокрила призводить до його невеликого вигину в центрі та значному відхиленню на кінцях. Тобто, крила починають виконувати помаху.

В якості повітрявипромінювача використовується ультразвуковий п'єзоелектричний повітрявипромінювач фірми Murata [3].

Висновки. В роботі проаналізовано особливості сучасних конструкцій літаючих мініроботів, встановлено основні недоліки актуаторів, які являються основними елементами для підняття у повітря. Вперше запропоновано та перевірено новий метод передачі зусилля за допомогою спрямованого руху повітря від п'єзоактуатора до крила мініробота для підняття його у повітря. Визначено раціональні геометричні розміри вузла актуатора нового типу на основі п'єзоелектричного повітрявипромінювача. Отримані результати можуть бути використані не лише при проектуванні літаючих мініроботів розміром з комаху, а також плазуючих та плаваючих мініроботів.

Список використаних джерел

1. Alysson Nascimento de Lucena, Bruno Marques Ferreira da Silva, Luiz Marcos Garcia Gonçalves, "Micro aerial vehicle with basic risk of operation", Scientific Reports, (2022) 12:12772. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17014-4>.
2. Chen, Y., Zhao, H., Mao, J. et al. Controlled flight of a microrobot powered by soft artificial muscles. Nature 575, 324–329 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1737-7>
3. Сайт Murata URL: https://www.murata.com/en-sg/products/mechatronics/fluid/overview/lineup/microblower_mzb1001t02.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АДАПТИВНОМУ УПРАВЛІННІ ПРОЦЕСОМ ВИСОКОІНТЕНСИВНОГО ПОВЕРХНЕВОГО МІКРООБРОБЛЕННЯ

Чубок А.О., Туз В.В., Пилипенко Т., Коваленко Ю.І., Мацепа С.М.
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. В статті розглянуто особливості застосування інформаційних технологій в адаптивному управлінні процесом високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення (із застосуванням лазерного, електронно-променевого випромінення тощо) та їх вплив на ефективність та результативність виробничих процесів. Метою статті є дослідження можливостей та переваг застосування інформаційних технологій в адаптивному управлінні процесом високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення, що дозволить підвищити ефективність та покращити якість оброблення поверхні матеріалів на мікрорівні із застосуванням високоінтенсивних джерел теплової енергії. Основними завданнями є дослідження можливостей гнучкого управління технологічним обладнанням для високоінтенсивного мікрооброблення матеріалів за допомогою інформаційних технологій, а також визначення нових шляхів підвищення продуктивності та точності технологічного процесу. Об'єктом дослідження є процес високоінтенсивного мікрооброблення матеріалів; предметом дослідження є інформаційні технології в адаптивному управлінні процесом високоінтенсивного мікрооброблення тепловими джерелами енергії. Показана можливість адаптивного управління технологічного обладнання, що дозволяє гнучко змінювати робочі параметри (швидкість руху інструменту в робочій зоні, швидкість зміни потужності енергетичного випромінення, зміна пришвидшення руху інструменту в робочій зоні) за допомогою інформаційних технологій та дистанційного управління, що базується на хмарному сервері, і дозволило підвищити стійкість системи на 10-13% та тривалість її роботи на 34-36%, не потребуючи ремонтів, а також покращити якість результатів мікрооброблення.

Ключові слова: інформаційні технології, поверхнєве мікрооброблення, управління, адаптивність.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN ADAPTIVE CONTROL OF HIGH-INTENSITY SURFACE MICROMACHINING PROCESS

Chubok A., Tuz V., Pylypenko T., Kovalenko Y., Matsepa S.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The article considers the peculiarities of the use of information technologies in the adaptive management of the process of high-intensity surface micromachining (using laser, electron beam radiation, etc.) and their impact on the efficiency and effectiveness of production processes. The purpose of the article is to study the possibilities and advantages of using information technology in the adaptive control of the process of high-intensity surface micromachining, which will increase the efficiency and improve the quality of surface treatment of materials at the micro level using high-intensity heat sources. The main tasks are to study the possibilities of flexible control of technological equipment for high-intensity micromachining of materials using information technology, as well as to identify new ways to improve the productivity and accuracy of the technological process. The object of the study is the process of high-intensity micromachining of materials; the subject of the study is information technologies in the adaptive control of the process of high-intensity micromachining by thermal energy sources. The paper shows the possibility of adaptive control of technological equipment, which allows flexible change of operating parameters (tool movement speed in the working area, rate of change of energy radiation power, change of tool acceleration in the working area) using information technology and remote control based on a cloud server, and allowed to increase the system stability by 10-13% and its operation time by 34-36% without the need for repairs, as well as to improve the quality of micromachining results..

Keywords: information technology, surface micromachining, management, adaptability.

Вступ. Інформаційні технології на сьогодні відіграють суттєвий вплив у розвитку промислових процесів, зокрема, у такому інноваційному напрямку, як високоінтенсивне поверхнєве мікрооброблення. Адаптивне управління цими процесами дозволяє значно

підвищити продуктивність та покращити якість виробництва [1]. У зв'язку з постійними змінами вимог ринку та технологічними новаціями [2], актуальність досліджень з використання інформаційних технологій в адаптивному управлінні процесами високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення матеріалів, таких, як: лазерне, електронно-променево та інші, набуває останнім часом все більшої важливості [3].

Мета роботи. Метою роботи є дослідження можливостей та переваг застосування інформаційних технологій в адаптивному управлінні процесом високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення, що дозволить підвищити ефективність та покращити якість оброблення поверхні матеріалів на мікрорівні із застосуванням високоінтенсивних джерел теплової енергії.

Постановка задачі. Застосування інформаційних технологій у процесі керування високоінтенсивним поверхневим мікрообробленням матеріалів дозволить гнучко регулювати параметри роботи технологічного обладнання та покращує якість та ефективність його функціонування. Шляхом впровадження нових ідей, методів та пристроїв управління, а також організації дистанційного управління та оброблення даних на хмарному сервері, за-для визначення нових шляхів підвищення продуктивності та точності процесу високоінтенсивного мікрооброблення виникає необхідність у розробленні адаптивної системи управління технологічним процесом з метою підвищення продуктивності та якості процесу поверхневого енергетичного оброблення матеріалів на мікрометричному рівні.

Вирішення проблеми. Для гнучкого регулювання робочими параметрами технологічного обладнання та покращення якості і ефективності його функціонування колективом фахівців Черкаського державного технологічного університету була розроблена інформаційної системи адаптивного управління, структурна схема якої наведена на рис. 1.

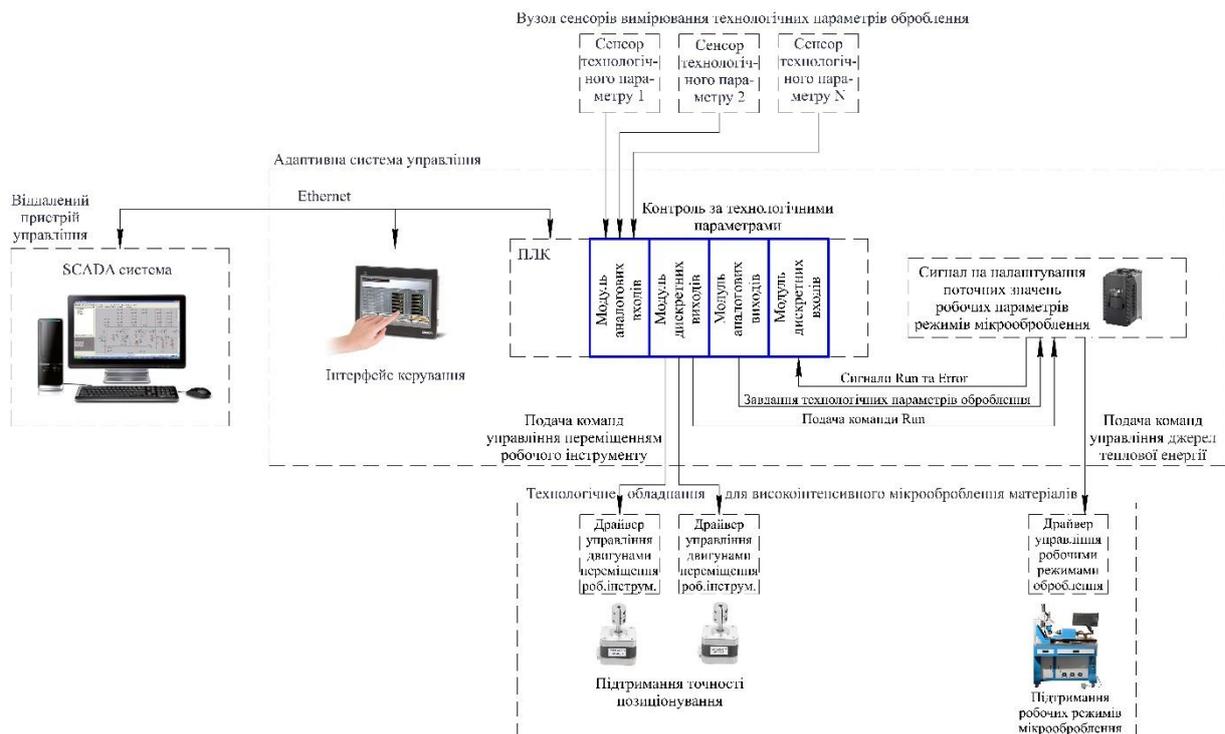


Рис. 1. Структурна схема інформаційної системи адаптивного управління процесом високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення

Основними елементами розроблюваної інформаційної системи адаптивного управління є віддалений пристрій управління, що включає SCADA систему (Supervisory Control and Data Acquisition – тип комп'ютерного та програмного забезпечення, що використовується для збирання, накопичення та зберігання даних, що дозволяє керувати процесами в реальному часі) і основне призначення якого полягає в можливості управління

та контролю технологічним процесом оброблюваного обладнання за допомогою локальної мережі Ethernet та спеціалізованого програмного забезпечення. Це дозволяє оператору здійснювати віддалене управління та моніторинг технологічного обладнання. Адаптивна система управління включає інтерфейс для ручного керування та/або коригування технологічним процесом оброблення; програмований логічний контролер з блоком модулів контролю та задання на виконання технологічних параметрів (як механічних, такі силових, так і енергетичних) і який безпосередньо зв'язаний з блоком налаштування поточних значень (які розраховуються безпосередньо в процесі виконання робочого процесу в залежності від даних, отриманих від вимірювальних сенсорів, здійснюючи, таким чином, зворотний зв'язок між технологічним обладнанням та системою управління). Основне призначення такої, універсальної адаптивної системи управління – автоматичне коригування параметрів та стратегій відповідно до змін в робочому середовищі (зміна температури, загазованості в зоні оброблення матеріалу, термічні зміни в лінійних розмірах оброблюваного виробу та інше) або змін технічних параметрів об'єкта управління – технологічного обладнання (струму, напруги, температури робочого інструменту), що робить таку систему особливо корисною в умовах змінності та невизначеності технологічного процесу. Зворотній зв'язок для реалізації такого адаптивного управління здійснюється з вузла сенсорів вимірювання технологічних параметрів оброблення. Експериментальне дослідження ефективності та якості проведення високоінтенсивного мікрооброблення матеріалів шляхом впровадженні інформаційної системи адаптивного управління технологічним процесом (на прикладі впровадження такої системи в лазерний гравірувальний комплекс та термовакuumну електронно-променеу установку) показує гнучкі зміни робочих параметрів обладнання (швидкості руху в діапазоні 0,5-1200 мм/с, максимальної швидкості зміни потужності до 10 Вт/мс та пришвидшення руху на ± 15 мм/с²) та забезпечує підвищення ефективності та якості оброблення матеріалів без потреби у ремонті.

Висновок. В ході проведених досліджень, доведена можливість адаптивного управління, застосування якого дозволило гнучко змінювати робочі параметри технологічного обладнання (швидкість руху робочого інструменту 0,5-1200 мм/с, максимальна швидкість зміни потужності високоінтенсивних джерел теплової енергії 10 Вт/мс, зміна пришвидшення руху робочого інструменту ± 15 мм/с²) шляхом застосування інформаційних технологій при організації дистанційного управління та збереження і оброблення потоку даних на хмарному сервері. Також визначені нові шляхи підвищення ефективності (підвищення на 10% стійкості та на 34% тривалості роботи технологічного обладнання без потреби у ремонті) та покращення якості результатів високоінтенсивного мікрооброблення матеріалів.

Список використаних джерел

1. Asif M., Shen H., et al. (2023). Recent Trends, Developments, and Emerging Technologies towards Sustainable Intelligent Machining: A Critical Review, Perspectives and Future Directions. *Sustainability*. Vol. 15 (10). P. 8298. <https://doi.org/10.3390/su15108298>
2. Marcinkowski B., Gawin B. (2019). A Study on the Adaptive Approach to Technology-Driven Enhancement of Multi-Scenario Business Processes. *Information Technology & People*. Vol. 32. P. 118-146. <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2018-0142>
3. Tsymbal O., Bronnikov A. (2019). Innovative technologies and scientific solutions for industries. *Computational Intelligence and Neuroscience*. No. 2(8). <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.105>

ORGANISATIONAL MECHANISM OF THE SYSTEM OF MONITORING AND ENVIRONMENTAL CONTROL OF DANGEROUS GOODS TRANSPORT

Borysenko I.¹, Petrenko K.², Skorobogatova N.², Ivanova T.²

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

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

Abstract. The study focuses on the development of an organisational mechanism for monitoring and controlling the transport of dangerous goods aimed at improving safety and compliance with environmental requirements. The objectives of the study include assessing the instability of the external environment in a hybrid war scenario and proposing effective management strategies. The methodology includes a multi-level assessment system that analyses specific environmental factors and assesses instability. Using entropy as a measure of management effectiveness, the study evaluates the parameters of the management system through hierarchical structures. The results demonstrate the effectiveness of the proposed organisational mechanism designed to meet specific system and stakeholder needs, emphasising self-organised governance information networks.

Keywords: organisational mechanism, entropy, control, dangerous transport

Introduction. In the context of globalisation and integration, governments and international organisations are constantly setting stricter requirements for the safety and environmental friendliness of transport, which requires constant updating of management systems for these processes. In today's environment, the development of new technologies in the field of transport, monitoring and environmental control creates new opportunities to improve the safety and environmental performance of dangerous goods transport.

The purpose of the work. The purpose of the study is to build an effective mechanism of organisation and management of the system of monitoring and environmental control during the transportation of dangerous goods.

Formulation of the problem. In each specific situation, the methodology of performance assessment may vary depending on the characteristics of the organisation and its goals. However, it is important to have a systematic, continuous and objective approach to the assessment, as well as to identify specific actions to improve results. Below is a general overview of the methodology for assessing the effectiveness of an organisation and its management. Therefore, a key tool for analysing the work of organisational structures, processes and results is a comprehensive approach to performance assessment based on a multi-level assessment system based on the principle of "from the partial to the general". At the first stage, the instability of specific factors of each component of the environment is assessed; at the second stage, the overall level of instability of each component is assessed; and at the third stage, an integrated assessment of the level of instability of the external environment is carried out [1].

Solving the problem. Thus, when building an effective system for monitoring and environmental control of dangerous goods transport, it is necessary to take into account the tasks of ensuring safety and compliance with the criteria of environmental friendliness of transport [2; 3; 4]:

The process of functioning of the control system can be represented as a description of the dynamics of information flows circulating in this system. The process of obtaining information is understood as the process of reducing a priori uncertainty. The entropy value is used as an indicator of the effectiveness of management teams

$$H = M \left\{ \log \frac{1}{P(A)} \right\}. \quad (1)$$

The entropy is used to determine the amount of control information required to ensure the fulfilment of control tasks. The main result of the control tasks is that the degree of deviation of the parameters of the controlled objects from the norm should not exceed the permissible values.

The set of control objectives $\{Z^*\}$ to be realised by the control system is determined by both external and internal factors.

The set of management objectives to be achieved by the management system is determined by both external and internal factors.

The goal $Z^* = (z_1^*, \dots, z_l^*)$ is a set of requirements and is uniquely defined by the numbers $a_i (i = 1, \dots, k_1)$ and $b_j (j = 1, \dots, k_2)$. In this case, the set of goals $\{Z^*\}$ is determined by specifying the zones of parameter change:

$$\{Z^*\}: \begin{cases} a_i^- \leq a_i \leq a_i^+ (i = 1, \dots, k_1) \\ b_j^- \leq b_j \leq b_j^+ (j = 1, \dots, k_2) \end{cases} \quad (2)$$

To determine the parameters of the control system, we can apply the method of hierarchical structures, which ensures the ability of the control information transmission network to self-organise.

We use the property of hierarchical structures to reveal uncertainty in different ways. By selecting various features of the target structure and changing their sequence, we obtain variants of the structures. After an appropriate evaluation of the options, the best one is selected and recommendations are given on the choice of goal structuring features for the management system.

A control system can be represented by a vector \mathbf{M} , whose components are elementary material properties. In this case, if \mathbf{M} is a single whole, then the integrity of the system is manifested in the interconnection of the components. As a result, when representing \mathbf{M} we have the vector relation $\mathbf{J} = \mathbf{R}_k \mathbf{M}$, or, in more detail

$$\begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \vdots \\ J_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{pmatrix}, \quad (3)$$

where J_k i M_k – the components of the information vector \mathbf{J} (perception) and the material property \mathbf{M} of the system, and R_{kk}, R_{ki} , - the intrinsic and mutual permeabilities of the medium, where R_{kk} characterise and reflect the individual material properties that make up the whole, and R_{ki} are inherent only in the perception of the \mathbf{M} vector, as a whole.

Conclusion. In general, the proposed organisational mechanism of the monitoring system is determined by the goals, needs and characteristics of a particular system, and also takes into account the specifics of the monitored object and the customer's requirements. The proposed management system fundamentally differs from management according to the Telecommunications Management Network (TMN) standard in that the management information transmission network is self-organising. The implementation of this mechanism will increase the efficiency of interaction between all participants of the system of monitoring and environmental control of the transportation of dangerous goods, taking into account environmental, safety, economic and social aspects.

References

1. Zapukhliak, I., Shegda, A., Mykytiuk, O., Onysenko, T., & Petrenko, K. (2022). Theory and practice of assessing the level of instability of the external environment of the enterprise in a hybrid war. Financial and credit activity problems of theory and practice, 1(42), 271-282. doi:10.55643/fcaptop.1.42.2022.3687
2. Popov, O., Iatsyshyn, A., Pecheny, V., Kovach, V., & Kovalenko, V. (2023). Approaches to Assessing Consequences of Accidents During Transportation of Hazardous Substances by Road. In: Zaporozhets, A., Popov, O. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Studies in Systems, Decision and Control, vol 456. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22500-0_22
3. Ivanova, T., & Shkrobot, M. (2023). Digitalization in the Reverse Supply Chain: A Bibliometric Analysis. Logforum, 19(4), 683-702. doi:10.17270/J.LOG.2023.865
4. Skorobogatova, N. (2022). Formation of Sustainable Development of Competitive Business in an Unstable Economy. IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC). Kyiv, Ukraine. doi: 10.1109/SAIC57818.2022.9922912

INFLUENCE OF THE CHARACTERISTIC FACTORS NUMBER TAKEN INTO ACCOUNT ON THE COMPLEX QUALITY INDICATOR IN THE ROLLED STEEL PLATES MANUFACTURE

Dolzhanskiy A., Bondarenko O., Maksakova O.

Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

Abstract. For the first time, the problem of the number of selected significant single quality indicators impact assessing of an arbitrary object on its model in the form of a comprehensive quality indicator was posed and solved. An appropriate analysis algorithm has been developed to investigate the parameters of the rolling process to form the properties of a thin steel sheet. The results are consistent with the theory and practice of rolling production. It was shown that reducing the number of single quality indicators considered increases the sensitivity of the model to changes in the levels of direct management tools (degree of deformation and carbon equivalent), but at the same time increases the uncertainty, up to an unacceptable level, of such actions. The obtained results can be used to determine a rational list of single quality indicators for a wide range of technical, technological and/or organizational objects.

Keywords: qualimetry, comprehensive and single quality indicators, quality management tools, sensitivity of the quality model

Introduction. One important of more than 15 typical qualimetric problems refers to the determination, which reflects the properties of any object model. Such a model should be as sensitive as possible to the impact in material factors changes, which ensures the object rational management during its operation. In general, the comprehensive object quality indicator is represented by an analytical formula of the sort [1]:

$$Q = f(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m; K_1, \dots, K_i, \dots, K_n; n_0; u), \quad (1)$$

where ($1 \leq i \leq n$) functions of single quality indicators $Y_i = \theta(X_1, \dots, X_j, \dots, x_m, m)$, K_i – weighting coefficients of Y_i ; X_j – ($1 \leq j \leq m$) technical, technological and/or organizational tools for direct influence on the object; and the indicator u of the object incompleteness description that is expertly defined. In many cases, when the definition of the object quality model simulation is impossible, one of the known convolutions a weighted average representing is used: arithmetic, geometric, harmonic, etc. usually a comprehensive quality indicator Q is represented by weighted arithmetic average [1]:

$$Q = \sum_{i=1}^n K_i \cdot Y_i, \quad (2)$$

where

$$\sum_{i=1}^n K_i = 1. \quad (3)$$

In the process of quality management, considering the results of the processes of creation, manufacturing [2], and quality control during the object consumption [2], two vectors can be considered: ensuring the properties of the object while the level Q_{max} maximizing; the intention to avoid a situation characterized by a Q_{min} minimum. This may be formally solved by the Q_{ext} extremum determining using the system [1]:

$$\frac{\partial Q}{\partial X_1} = 0; \dots; \frac{\partial Q}{\partial X_j} = 0; \dots; \frac{\partial Q}{\partial X_m} = 0, \quad (4)$$

followed by the level management tools $X_{j.ext}$ definition.

In cases where the extremum Q_{ext} cannot be determined, the rational values of $X_{j.ext}$ should be determined by direct calculation. Each of the single quality indicators Y_i and quality management tools X_j may have a different nature and dimension. Therefore, they are rationed using special methods.

Theoretically, there can be an unlimited number of single quality indicators Y_i of the object with their K_i corresponding values [2]. At the same time, on the one hand, the increase in the number of Y_i considered more fully describe Q . On the other hand, the presence and (or) too high level of

some unimportant factor Y_i may unreasonably mark on Q and reduce the adequacy of the object quality image by its model (2). Therefore, the task arises of rationally reducing Y_i the number of those considered with assessing the influence of their number on the sensitivity of the model to changes in levels X_j . Such actions require reconfiguration K_i according to (3) considering u indicator.

Formulation of the problem. Until now, an algorithm of actions regarding a specific object has not been developed, considering a rational number of individual quality indicators, with an assessment of the sensitivity of such an information model to changes in influencing factors.

The purpose of the work was to justify and investigate the impact of the appropriate number of considered single quality indicators on the quality and sensitivity of the object model to the controlling influences of its management tools.

Solving the problem. On the basis of data [3,4], the quality management tools X_j which effect on Y_i , became: the total deformation degree $X_1 = \varepsilon = 66 \dots 92\%$ (0.66...0.92), and the chemical steel composition. According to the data [3,4] $X_2 = CE = C + Mn/6 = 0.13 \dots 0.175 \%$. As single indicators of the quality of an object, depending on X_j based on the documentation [3,4], the following initial lists of n_1 single quality indicators Y_{i1} with their ranges, weighting factors K_{i1} , the object incomplete description u_1 (the first index corresponds to the number of the indicator, the second to the stage of analysis) was expertly determined:

- the indicator 1 – the modulus of the sheet thickness relative deviation $Y_1 = \left| \Delta h/h \right| < 0.117$ on its nominal h with the weighting factor $K_{11} = 0.03$. The growth of Y_1 reduces the complex quality indicator Q ;

- the indicator 2 – the ultimate strength $Y_2 = \sigma_B = 250 \dots 800 \text{ MPa}$ with the $K_{21} = 0.27$ (the growth of Y_2 increases Q);

- the indicator 3 – the yield strength $Y_3 = \sigma_T = 195 \dots 765 \text{ MPa}$ with the $K_{31} = 0.10$ (the growth of Y_3 increases Q);

- the indicator 4 – the Brinell hardness $Y_4 = HB = 600 \dots 1890$ with the $K_{41} = 0.07$ (the growth of Y_4 increases Q);

- the indicator 5 – the relative extension $Y_5 = \delta = 15 \dots 25 \%$ with the $K_{51} = 0.18$ (the growth of Y_5 increases Q);

- the indicator 6 – $Y_6 = r = \frac{R_{a.Instr}}{R_{a.Me}} = 0.5 \dots 0.95$ – the degree of height roughness approach of the deforming metal $R_{a.Me}$ to the roughness $R_{a.Instr}$ of the roll surface with the $K_{61} = 0.05$;

- the indicator 7 – $Y_7 = P/h = 10 \dots 30$ – the ratio of sheet non-planarity P to its nominal thickness h with the $K_{71} = 0.06$ (the growth of Y_7 decreases Q);

- the indicator 8 – specific energy costs $Y_8 = A = 60 \dots 120 \text{ KW}^*h/t$ during production with the $K_{81} = 0.21$ (the growth of Y_8 decreases Q);

- the incomplete object description $u = 0.03$. Checksum is 1.00.

The algorithm has been developed to investigate the parameters of the rolling process to form the properties of a thin steel sheet according to (2). The analysis was performed for options taking into account a complete list of 8 parameters, 3 parameters: single quality indicators: $Y_2 = \sigma_B$, $Y_3 = \sigma_T$ and $Y_8 = A$; and 4 parameters: single quality indicators: $Y_2 = \sigma_B$, $Y_3 = \sigma_T$, $Y_5 = \delta$ and $Y_8 = A$.

Conclusion. The results are consistent with the theory and practice of rolling production. It was shown that reducing the number of single quality indicators considered increases the sensitivity of the model to changes in the levels of direct management tools (degree of deformation and carbon equivalent), but at the same time increases the uncertainty, up to an unacceptable level, of such actions. The obtained results can be used to determine a rational list of single quality indicators for a wide range of technical, technological and/or organizational objects.

References

1. A.M. Dolzhanskiy, N.M. Mospan, I.M. Lomov, & O.S. Maksakova. Quality management systems (Dnipro: Svidler A.L.:2017) ISBN 978-617-627-098-0 (in Ukr).

2. R. Ginevicius, H. Trishch, & V. Petraskevicius (2015). Quantitative assessment of quality management systems' processes. *Economic research-ekonomska istrazivanja*, 28, No:1, p. 1096-1110. doi: 10.1080/1331677X.2015.1087676.
3. ASTM A366/A366M-91. Standard Specification for Steel, Carbon Cold-Rolled Sheet.
4. Ya. Vasilev, D. Samokish, O. Bondarenko, & N. Mospan (2022). Determination of Particular Relative Reduction in Cold Rolling of Thin and Extra Thin Strips to Implement the Process with the Least Force. *Sci. innov.*, 18, No:3, p. 49-57. URL: <https://doi.org/10.15407/scine18.03.049>.

COMBINATION OF ROLES AND COMPETENCIES IN THE PROJECT TEAM

Lukianov D., Kolesnikova K., Mukhamediyeva A.

GIGACloud, Kyiv, Ukraine

International IT University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article discusses a modification of Edward de Bono's "Six Hats" method for assessing the effectiveness of project managers' team and individual work at the project initiation stage. Combining various techniques increases the efficiency of generating ideas and forming a project plan. The proposed approach makes it possible to improve individual and teamwork efficiency when initiating a project.

Keywords: project management, idea generation, project team, "Six Thinking Hats" method, E. de Bono.

Introduction. In the modern practice of professional project management, the techniques of "mind mapping" (the method of drawing up "mental" or "intellectual" maps), "brainstorming" (the "brainstorming" method), working methods using the Crawford map method, etc. have recently become very popular. However, as a rule, all of them are only one of the elements of the so-called "methods and tools" for developing an existing project idea. However, not all methods are universal enough; they can be used both for working in a group and alone.

Experiments were conducted to discover an effective way to develop innovative ideas individually and as part of a team. Over 100 groups of approximately 1000 participants were tested using various techniques. The results showed that the "Six Thinking Hats" method, proposed by Edward de Bono, an expert in thinking problems, was the most effective. Individuals or teams can use this method to enhance their thinking process. [1]. This approach's main advantage is that it forms a single direction for further work that is understandable to all project participants [2].

The purpose of the work. The purpose of the study is to modify E. de Bono's method to make it possible to evaluate the effectiveness of team and individual work of project managers at the stage of project initiation.

Solving the problem. The essence of the "Six Thinking Hats" method is a comprehensive analysis of the project concept (idea) from different points of view, each of which is assigned a specific analysis task or "thinking hat". Each of the six hats has its own color: white, red, black, yellow, green, and blue. The color of the hat determines its name. De Bono offers the some characterization of each "hat" [1].

E. de Bono suggests assigning different roles ("hats") to project team members in the process of discussing ideas and assessing the effectiveness of different structures and sequences of "mental" processes in generating and shaping the main ideas of the project.

According to the law of project initiation [3]: "The project team, its turbulent environment, and the project itself constitute a system in which existing relationships determine the outcome of the project." The synergistic effect of teamwork arises based on voluntariness and the informal distribution of various role functions related to the level of specialization and competence necessary for the project's implementation. At the same time, teamwork is always associated with competition among participants for resources, influence, and image, which can lead to conflicts. Modern project management has two main approaches to team formation [4]. The first is based on strengthening and developing teams that have formed naturally. The second is focused on a competency-based

approach when ensuring project work and distributing roles in the team by the project manager. These approaches aim to increase the team's professionalism by combining the roles of all participants and creating conditions for conflict-free team interaction.

Each team member has undeniable strengths, which can be weaknesses under certain adverse conditions. For example, idea generators may come up with many ideas that cannot be implemented. Managers want to complete the project so much that they often present stakeholders with an unfinished version. To ensure effective teamwork, it is necessary in such a weakly structured and unformalized system to select precise roles for each team member [4]. In practice, when selecting team members, the principle of competence encounters contradictions in role preferences. This means that two or more team members strive for the same role in the team.

To manage the process of generating innovative project ideas, it is proposed to modify the approach proposed by Edward de Bono [1]. He assigned the roles of the participants according to their thinking types ("hats") and, in the conditions of such a static team structure, searched for ideas. In contrast to Edward de Bono's method, it is proposed to approach the development of an idea in stages, and at each of the corresponding stages, all team members "put on" the same "hats."

In real-world applications, mainly when working with student groups, the combined use of several techniques, as outlined in our proposed method, has proven to be highly effective (Table 1).

The "Order of work" column indicates a rational sequence of work steps in student groups when the input of the first of the "Red Hat" subprocesses is not specific information about the project. Still, there is a need to generate ideas to attract students to work on the project further. At this step, as a result of analyzing the contradictions between the project's desired goals and the project's existing capabilities, the ideas and objectives of the project related to its mission are verbally formed. The content of this step is quite fully defined by the following expression [3]: "Project planning begins with the result." Yellow and green "hats" complete the formation of the project's main ideas.

The state of the white and black "hat" allows you to identify threats to the project. The blue "hat" completes the process of generating innovative ideas with their transformation into specific project work plans.

Table 1

Correspondence of robot methods and tools when forming a project idea for further work in a student group (

Work order	Type of hat according to E. de Bono	Tools for working with a group	The result of working with the group
1	Red	Mind map	Map of group interests, project ideas
2	Yellow	Stakeholder Analysis	Map of interests of potential stakeholders
3	Green	Brainstorming	Decomposition of project results
4	White	SWOT analysis	Description of the strengths and weaknesses of the project team
5	Black	SWOT analysis	Description of opportunities and threats for the project
6	Blue	LFA matrix, Project planning based on PMBoK PMI knowledge areas, ISO 21500 standard	List of works, results and their metrics. A project plan that includes a project deliverables framework, a project breakdown into phases, a work breakdown structure, a project network schedule, a budget, a responsibility matrix, a project communications plan, a risk management plan, and a procurement plan.

Conclusion. The paper proposes a modified approach to using the "Six Hats" method, which allows you to evaluate the effectiveness of team and individual work of project managers at the

stage of project initiation. It has been established that when forming a project team, it is necessary to take into account not only the competencies, but also the role preferences of the participants in order to avoid contradictions in the distribution of roles.

References

1. De Bono, Edward. (2006) Six thinking hats, 208 p.
2. Belbin, R. M. (2013) Management teams. Secrets of success and reasons for failure. 315 p.
3. Kolesnikova, K.V. (2014) Development of the theory of project management: justification of the law of project initiation. Management of the development of complex systems, 17, 24 – 31.
4. Sherstiuk, O., Kolesnikov, O., Gogunskii, V., & Kolesnikova, K. (2020). Developing the adaptive knowledge management in context of engineering company project activities. International Journal of Computing, 19(4), 590-598. URL: <https://doi.org/10.47839/ijc.19.4.1993>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОТИРИЗИКОВОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ РОЗВИТКУ ПРОВАЙДЕРІВ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНИХ ПОСЛУГ

Adamov O.¹, Черненко Ю.², Данченко О.³, Мисник Б.⁴, Бєлова О.⁵

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden,

²Міжнародний університет бізнесу і права, Херсон, Україна,

³Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,

⁴Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, Черкаси, Україна,

⁵Університет економіки та права «КРОК», Київ, Україна

Анотація. В умовах ринку існує потреба у забезпеченні конкурентоспроможності організацій, що орієнтовані на світові стандарти в галузі загального управління якістю, як складного багатофункціонального елемента та використання в його діяльності сучасних, науково-обґрунтованих систем організаційного управління. Пропонується розробка інформаційної технології протиризикового управління проєктами розвитку провайдерів житлово-комунальних послуг, яка є дієвим інструментом, який дозволив знизити вплив ризиків та загроз на проєкт, а розроблені заходи управління ними дозволили знизити вплив високих та помірних ризиків.

Ключові слова: проєкти розвитку, провайдери житлово-комунальних послуг, інформаційна технологія, протиризикове управління, загрози.

INFORMATION TECHNOLOGY OF ANTI-RISK MANAGEMENT OF DEVELOPMENT PROJECTS OF PROVIDERS OF HOUSING AND UTILITY SERVICES

Adamov O.¹, Chernenko Yu.², Danchenko O.³, Mysnyk B.⁴, Bielova O.⁵

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden,

²International University of Business and Law, Kherson, Ukraine,

³Cherkasy State Technology University, Cherkasy, Ukraine,

⁴Cherkasy National University named after B. Khmelnytskyi, Cherkasy, Ukraine,

⁵University of Economics and Law "KROK", Kyiv, Ukraine

Abstract. In market conditions, there is a need to ensure the competitiveness of organizations focused on global standards in the field of general quality management, as a complex multifunctional element and the use of modern, scientifically based organizational management systems in its activities. The development of information technology for anti-risk management of development projects of housing and utility service providers is proposed, which is an effective tool that allowed to reduce the impact of risks and threats on the project, and the developed measures of their management made it possible to reduce the impact of high and moderate risks.

Keywords: development projects, providers of housing and communal services, information technology, risk management, threats.

Вступ. В умовах ринку існує потреба у забезпеченні конкурентоспроможності організацій, що орієнтовані на світові стандарти в галузі загального управління якістю, як складного багатофункціонального елемента та використання в його діяльності сучасних, науково-обґрунтованих систем організаційного управління. Для багатофункціональних об'єктів управління, до яких відносяться й провайдери житлово-комунальних послуг, впровадження сучасних методичних підходів до управління означає розвиток складних, перспективних проєктів та програм, в яких будуть використовуватися найновіші досягнення в області оптимального управління з використанням сучасних інформаційних технологій [1].

Мета роботи. Розробити інформаційну технологію протиризикового управління проєктами розвитку провайдерів житлово-комунальних послуг.

Постановка проблеми. Для отримання конкурентної переваги при розробці проєктів й програм з метою нарощування стратегічного потенціалу щодо можливості реалізації більшої кількості проєктів, які виконуються одночасно, провайдерам житлово-комунальних послуг (ПЖКП) необхідно перебувати в стані постійного вдосконалення своєї моделі організаційного управління, що орієнтована на розробку нових організаційних проєктів в умовах невизначеності, і розробці нових методів управління. Найчастіше можливе застосування трансферу нових технологій в системі організаційного управління [1, 2].

Основна частина. Інформаційна технологія протиризикового управління проєктами розвитку ПЖКП, яка дозволяє необхідно провести порівняння між собою двох досить однотипних проєктів розвитку ПЖКП. Дослідження проводиться на базі ТОВ «МАСТЕРГАЗ» (mastergaz.com.ua) на прикладі проєктів, один з яких було реалізовано у 2021 році, інший – у 2022 році після низки модернізацій управління підприємством, зокрема: впровадження на підприємстві методу розвитку компетенцій команди; впровадження підходу управління ризиками згідно ISO 31000:2018; впровадження підходу розробки та пріоритетизації проєктів розвитку згідно моделей та методів цього дослідження (динамічна оргструктура, бенчмаркінг, алгоритмізація приймання рішень) (рис. 1).

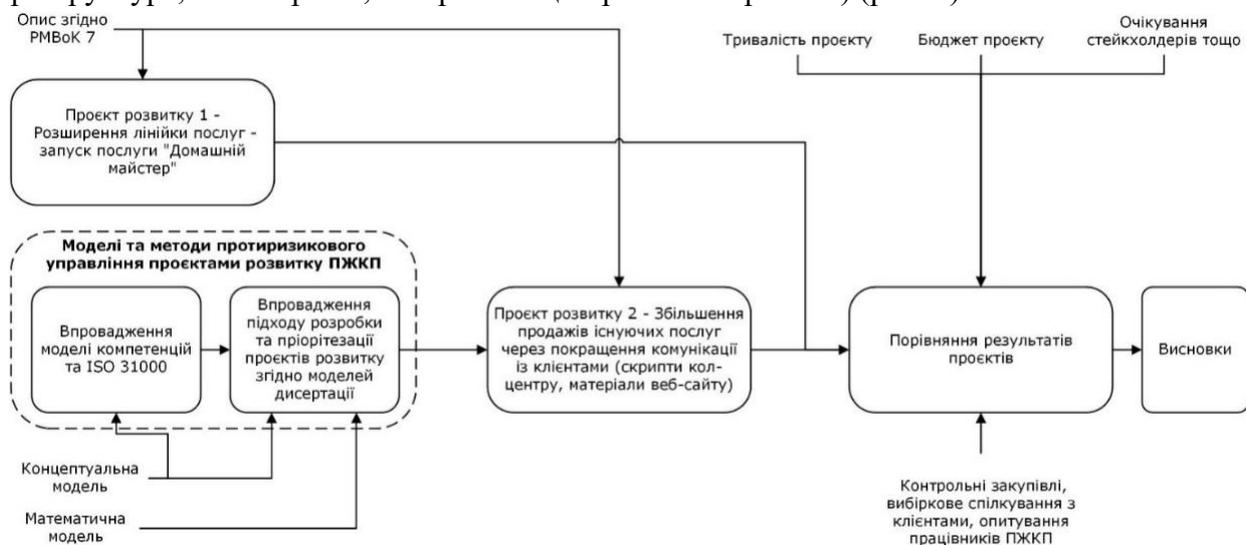


Рис. 1. Схема порівняльного аналізу моделей та методів протиризикового управління проєктами розвитку ПЖКП

Протиризикове управління проєктами розвитку ПЖКП, ґрунтується на розробленому автором відповідному методі, який полягає в інтеграції наступних підходів в єдиний процес: впровадження автоматизації управління та алгоритмізації прийняття рішень; запровадження процесного підходу в управління ризиками та прийнятті рішень; побудови динамічної оргструктури управління проєктами розвитку; впровадження бенчмаркінгу. Інтеграція усіх наведених вище блоків в протиризикове управління проєктами розвитку ПЖКП дозволяє підвищити ефективність управління вказаними проєктами за рахунок направлення на них основних ресурсів з мінімальними ризиками та найсуттєвішим економічним результатом. Що, у свою чергу, дозволить покращити результати діяльності провайдерів житлово-

комунальних послуг у розрізі збільшення доходів та зменшення витрат. Для проведення порівняння та аналізу було проведено: опитування працівників ТОВ «МАСТЕРГАЗ»; опитування клієнтів, що користалися послугами в процесі першого та другого проектів; порівняно результати контрольних закупівель послуг підприємства, що проводились під час першого та другого проектів.

Висновки. Застосування протиризикового управління проектами розвитку провайдерів житлово-комунальних послуг є дієвим інструментом, який дозволив знизити вплив ризиків та загроз на проект, а розроблені заходи управління ними дозволили знизити вплив високих та помірних ризиків.

Список використаних джерел

1. Chernenko Yu.V., Danchenko O.B., Melenchuk V.M., Mysnyk L.D. Models of risk management in development projects for housing and utility service providers. Applied Aspects of Information Technology. Odesa: Publ. Nauka i Tekhnika. 2022. Vol. 5. No. 3. P. 208-216. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.05.2022.14>.
2. Бедрій Д.І. Інтегроване протиризикове управління науковими проектами в умовах невизначеності та переходу до циркулярної економіки: дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22. Одеса: Державний університет "Одеська політехніка", 2021. 431 с. URL: https://drive.google.com/file/d/11ZA3hLEwl8VL7K-sxwgiBThAW4S-_zq3/view.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КРЕАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТАМИ

Baranovskyi O.¹, Близнюкова І.², Тесленко П.³, Мисник Л.², Оксамитна Л.²

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden,

²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси,

³Україна, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

Анотація. В роботі автори пропонують інформаційну технологію креативного управління ІТ-проектами та відповідну структуру бази даних, що ґрунтується на застосуванні генетичного алгоритму, який використовується для вирішення оптимізаційної задачі для досягнення їхньої максимальної ефективності. До критеріїв вибору найкращих членів команди відносяться досвід, навички, вартість, сумісність та емпатія. Запропонована інформаційна технологія креативного управління ІТ-проектами має потужні можливості масштабування, що дозволяють їй ефективно справлятися зі збільшенням кількості даних та користувачів, не втрачаючи при цьому продуктивності та швидкодії.

Ключові слова: ІТ-проект, структура, база даних, інформаційна технологія, креативне управління.

INFORMATION TECHNOLOGY OF CREATIVE MANAGEMENT OF IT PROJECTS

Baranovskyi O.¹, Blyzniukova I.², Teslenko P.³, Mysnyk L.², Oksamytna L.²

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden,

²Cherkasy State Technology University, Cherkasy,

³Ukraine, Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine

Abstract. In the work, the authors propose information technology for creative management of IT projects and the corresponding structure of the database based on the application of a genetic algorithm, which is used to solve the optimization problem to achieve their maximum efficiency. Criteria for selecting the best team members include experience, skills, cost, compatibility, and empathy. The proposed information technology for creative management of IT projects has powerful scaling capabilities that allow it to effectively cope with the increase in the number of data and users without losing performance and speed.

Keywords: IT project, structure, database, information technology, creative management.

Вступ. Процеси формування команди IT-проєкту й управління нею є слабо структурованими та здійснюються в умовах невизначеності. Значна кількість факторів впливає на обрання критеріїв та стратегії формування команди, серед яких можна виділити: цілі та задачі IT-проєкту, бачення його учасників, взаємодія стейкхолдерів, галузь застосування майбутнього продукту, особистісні характеристики замовника, керівника команди IT-проєкту та інших ключових учасників [1].

Мета роботи. Розробити інформаційну технологію креативного управління IT-проєктами та відповідну їй структуру бази даних.

Постановка проблеми. З метою успішного завершення IT-проєктів, зокрема з високою часткою інновацій, необхідна самоорганізована та самокерована команда, яка має змогу самостійно приймати рішення щодо структури, методології та форми реалізації IT-проєкту [1, 2]. Під час формування традиційних команд в IT-компаніях фазі реалізації IT-проєкту передує процес його планування, зокрема й при застосуванні гнучких технологій розробки. Тому у випадку, якщо більше рішень приймається щодо самої команди, концепту майбутньої розробки – це обмежує можливість самоорганізації такої команди та перешкоджає управлінню IT-проєктами з високою часткою інновацій.

Основна частина. Створення інформаційної технології (IT) спрямоване на допомогу менеджерам IT-проєктів в ефективному визначенні членів команди, які будуть найкраще підходити для конкретних IT-проєктів та формуванні відповідної команди. Інформаційна технологія ґрунтується на застосуванні генетичного алгоритму, який використовується для вирішення оптимізаційної задачі, зокрема вибору найкращих (за визначеними критеріями) членів команди для досягнення їхньої максимальної ефективності, що проявляється лише в успішному завершенні IT-проєкту. Ітеративний пошук оптимальних комбінацій співробітників здійснюється на основі ряду критеріїв, таких як досвід, навички, вартість, сумісність та емпатія. Крім того, IT автоматично враховує ще й складність IT-проєкту, яка розраховується на основі факторів, таких як терміни, потреби у навичках та обмеження бюджету. Визначення складності IT-проєкту є цінним елементом, який дозволяє генетичному алгоритму точніше визначати оптимальні конфігурації команд. Діаграма учасників інформаційної технології креативного управління IT-проєктами наведена на рис. 1.

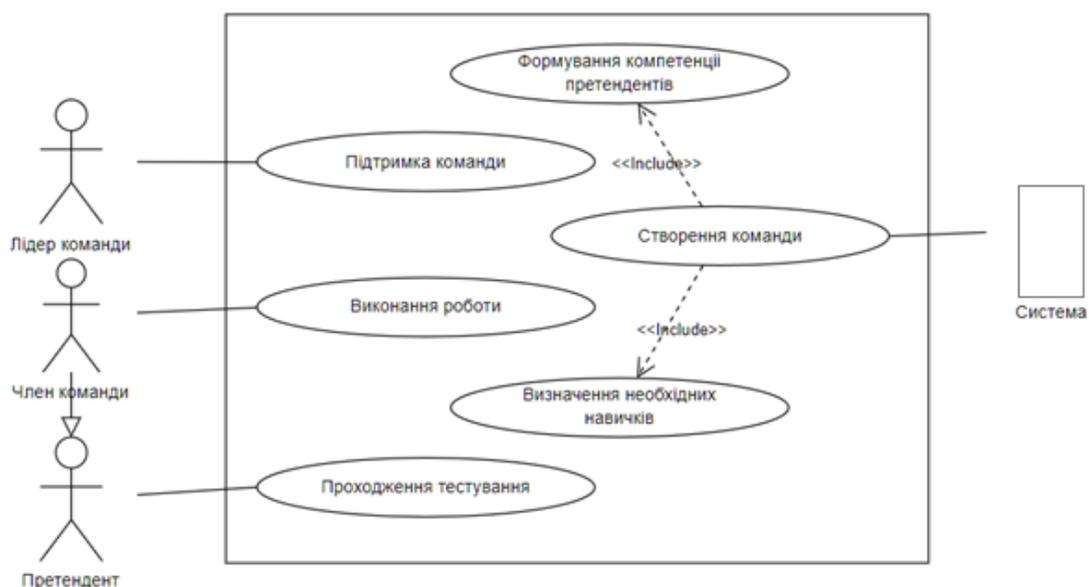


Рис. 1. Діаграма учасників інформаційної технології креативного управління IT-проєктами

В якості СУБД для цієї системи було обрано MongoDB, яка є неструктурованою базою даних, яка добре підходить для роботи з великими обсягами даних і забезпечує високу продуктивність, гнучкість та масштабованість (рис. 2).



Рис. 2. Структура бази даних інформаційної технології креативного управління ІТ-проєктами

В контексті даної ІТ, MongoDB використовується для зберігання інформації про співробітників, ІТ-проєкти та історичні дані оптимізації, що забезпечує швидкий доступ до даних та ефективне управління ресурсами.

Висновки. Запропонована ІТ креативного управління ІТ-проєктами має потужні можливості масштабування, що дозволяють їй ефективно справлятися зі збільшенням кількості даних та користувачів, не втрачаючи при цьому продуктивності та швидкодії.

Список використаних джерел

1. Близнюкова І.О. Метод формування креативної команди ІТ-проєкту. Вісник національного технічного університету «ХПІ» : Зб.наук.пр. Серія : Стратегічне управління, управління портфелями програмами та проєктами. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. № 1(7). С. 12-18. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2023.7.2>. URL: <http://pm.khpi.edu.ua/article/view/286393>.
2. Кузьмінська Ю.М., Данченко О.Б., Бедрій Д.І. Метод формування ефективних команд освітніх проєктів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами: зб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПІ», 2021. № 2(4). С. 46-53. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2021.4.6>. URL: <http://pm.khpi.edu.ua/article/view/229473>.

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Bieliatynskyi A.¹, Бакуліч О.О.², Бокий А.², Кіс І.², Півень О.³

¹North Minzu University, Yinchuan, NingXia, P.R. China

²Національний транспортний університет, Київ, Україна

³Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. В роботі автори пропонують концептуальну модель цифрової трансформації процесів управління підприємством, яка включає в себе шість етапів та представляє інтегрований підхід до цифрової трансформації. Пропонується використовувати в представленій моделі омніканальний маркетинг, як сучасний бізнес-підхід до підвищення ефективності процесів цифрової трансформації та примноження досвіду клієнтів.

Ключові слова: омніканальний маркетинг, цифрова трансформація, процеси управління, концептуальна модель.

CONCEPTUAL MODEL OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ENTERPRISE MANAGEMENT PROCESSES

Bieliatynskiy A.¹, Bakulich O.², Boky A.², Kis I.², Piven O.³

¹North Minzu University, Yinchuan, Ningxia, P.R. China

²National Transport University, Kyiv, Ukraine

³Cherkasy State Technology University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. In the work, the authors propose a conceptual model of digital transformation of enterprise management processes, which includes six stages and presents an integrated approach to digital transformation. It is proposed to use omnichannel marketing in the presented model as a modern business approach to increasing the efficiency of digital transformation processes and increasing customer experience.

Keywords: omnichannel marketing, digital transformation, management processes, conceptual model.

Вступ. Цифрова трансформація процесів управління підприємством не тільки вимагає впровадження новітніх технологій, але й передбачає глибокі зміни в культурі, операційних процесах та бізнес-моделях підприємства. Розуміння та ефективне управління цими змінами є ключовими діями для досягнення успіху в цифрову епоху. Згідно відкритої інформації Інституту цифрової трансформації та на основі додаткових досліджень можна доповнити та сформулювати основні етапи трансформації для підприємств, кожен з яких відіграє важливу роль у кінцевому результаті бізнесу [1].

Мета роботи. Розробити концептуальну модель цифрової трансформації процесів управління підприємством.

Постановка проблеми. Розглянемо шість ключових сформованих етапів для цифрової трансформації підприємства: 1. Аналіз клієнтського досвіду та поведінки. 2. Розвиток інноваційної корпоративної культури. 3. Оптимізація операційних процесів. 4. Інтеграція цифрових технологій. 5. Побудова та оновлення бізнес-моделей. 6. Сталість та інноваційний розвиток. Проблемою є велика кількість взаємозв'язків та комунікацій в даній моделі, тому необхідно підібрати сучасний інноваційний бізнес-підхід до використання каналів комунікацій, який дозволить підвищити ефективність процесів цифрової трансформації підприємства.

Основна частина. На рисунку 1 представлена концептуальна модель цифрової трансформації процесів управління для підприємства, що відображає ключові етапи та компоненти процесу трансформації, які були сформовані. Важливо підкреслити, що представлена модель не є універсальною або вичерпною для кожного конкретного випадку. Підприємства повинні брати до уваги своє унікальне бізнес-середовище, специфіку галузі, корпоративну культуру, та особливості своїх клієнтів. Тому ця модель може слугувати як загальний каркас, але кожен бізнес повинен адаптувати її елементи та фокус, виходячи з власних потреб та цілей. Концептуальна модель демонструє, як різні етапи взаємопов'язані та як вони сприяють загальній меті перетворення бізнесу в еру цифрових технологій. Все це можливо завдяки впровадженню омніканального підходу та омніканального маркетингу, оскільки це не просто доповнює кожен з цих етапів, але і забезпечує цілісність та ефективність усієї цифрової стратегії підприємства [2]:

- дозволяє збирати детальніші дані про клієнтів через різні точки дотику, надаючи глибший аналіз їх поведінки та вподобання;
- сприяє неперервному розвитку та інноваціям, дозволяючи підприємствам ефективно адаптуватися до нових викликів та можливостей, які надає цифровий світ;
- формування омніканальної культури у компанії сприяє більшій залученості співробітників та підвищенню їхньої компетентності в області цифрових інструментів;
- омніканальні платформи допомагають автоматизувати та синхронізувати бізнес-процеси, забезпечуючи більш ефективну взаємодію з клієнтами на різних каналах;

- використання омніканальних рішень дозволяє ефективно інтегрувати різноманітні цифрові інструменти і платформи, забезпечуючи єдиний досвід взаємодії з клієнтами.

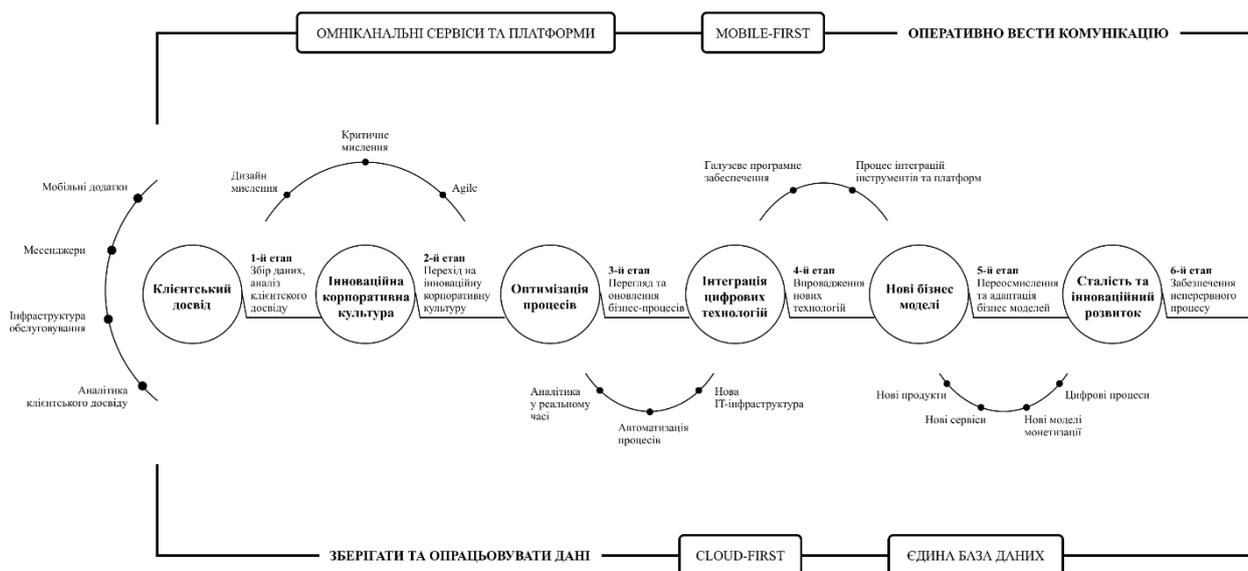


Рис. 1. Концептуальна модель цифрової трансформації для управління підприємством

Висновки. Отже, шестиетапна концептуальна модель цифрової трансформації, яка охоплює етапи від аналізу клієнтського досвіду до сталості та інноваційного розвитку, відіграє важливу роль у процесі перетворення підприємства, дозволяючи адаптуватися до швидкозмінних умов цифрового світу. Як ключовий елемент цифрової трансформації, омніканальний маркетинг сприяє створенню єдиного та неперервного досвіду для клієнтів, незалежно від каналу взаємодії. Представлена модель вимагає не лише впровадження нових технологій, але й глибокого переосмислення корпоративної культури, процесів управління та бізнес-моделей. Омніканальний маркетинг, як важлива складова цього процесу, підсилює здатність підприємств ефективно адаптуватися до цифрових викликів та скористатися новими можливостями, які вони пропонують.

Список використаних джерел

1. Цифрова трансформація економіки України в умовах війни. Січень 2024 року. Національний інституту стратегічних досліджень. <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh-viyny-sichen-2024>.
2. Бакуліч О.О., Бокий А.В. Омніканальний маркетинг, як ефективний спосіб взаємодії з споживачем. Вісник Національного транспортного університету. Серія “Економічні науки”. Науково-технічний збірник. К. : НТУ. 2022. Вип. 2 (52). С. 33-39. URL: <https://cutt.ly/jNEkhBQ>.

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В ПРОЕКТАХ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМ СТАНОМ МІСТА

Bieliatynskiy A.¹, Бакуліч О.², Самойленко Є.², Голоденко В.², Кіс І.²

¹North Minzu University, Yinchuan, P.R. China,

²Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. В роботі запропонована оцінка рівня забруднення атмосферного повітря з використанням геоінформаційних систем в проектах управління екологічним станом міста. За допомогою геоінформаційних систем здійснено моделювання, візуалізацію рівня забруднення повітря в межах мегаполісу. Результати дослідження дозволять в реальному режимі часу відслідковувати якість атмосферного повітря та запроваджувати природоохоронні заходи.

Ключові слова: проект, геоінформаційна система, рівень забруднення, екологічний стан.

APPLICATION OF GEOINFORMATION SYSTEMS IN CITY ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PROJECTS

Bieliatynskiy A.¹, Bakulich O.², Samoilenko E.², Holodenko V.², Kis I.²

¹North Minzu University, Yinchuan, P.R. China,

²National Transport University, Kyiv, Ukraine

Abstract. The paper presents an assessment of the level of air pollution using geographic information systems in projects for managing the environmental condition of the city. Using geographic information systems, modeling and visualization of the level of air pollution within the metropolis were carried out. The results of the study will make it possible to monitor air quality in real time and introduce environmental protection measures.

Keywords: project, geographic information system, pollution level, environmental condition.

Вступ. На сьогоднішній день забруднення атмосферного повітря є основним чинником, що визначає екологічну безпеку міста. Одним із інструментів, що дозволяє ефективно моделювати рівень забруднення атмосферного повітря та відображати його просторово-часову динаміку є геоінформаційні системи (ГІС). Просторовий аналіз в ГІС дозволяє вирішувати комплексні задачі, а саме розуміння місця розташування (атрибутивні, просторові запити, аналіз близькості), виявлення певних закономірностей (кластерний аналіз, аналіз щільності), порівняння об'єктів (визначення відношень, аналіз накладання), моделювання та прогнозування (інтерполяція даних, регресійний аналіз, побудова та аналіз ізоліній та поверхонь), знаходження оптимального місцеположення (аналіз шляху найменших витрат, аналіз розміщення, розподілення) тощо. Тому застосування геоінформаційних систем в природоохоронних проектах спрямованих на ефективне управління екологічним станом міста є досить актуальною задачею [1].

Мета роботи. Застосування сучасних ГІС при моделюванні, прогнозуванні та візуалізації рівня забруднення атмосферного повітря міст.

Постановка проблеми. Дослідження та моделювання полів забруднення атмосферного повітря міст є досить складною задачею, оскільки для отримання достовірних даних необхідно проводити багаточисленні та широкомасштабні експерименти по встановленню концентрації рівня забруднення в примагістральному середовищі.

Основна частина. В більшості країн світу для контролю рівня забруднення атмосферного повітря використовується індекс якості атмосферного повітря (AQI). При розрахунку AQI концентрація забруднюючих речовин визначається шляхом натурних досліджень (моніторингу) або математичним моделюванням. Сучасна система моніторингу якості атмосферного повітря складається зі стаціонарних та маршрутних постів. На рис. 1 використовуючи дані з постів моніторингу основних забруднюючих речовин за допомогою ГІС побудовано карти рівня забруднення міста Києва. За допомогою ізоліній виділяються райони міста з різним рівнем забруднення [2].

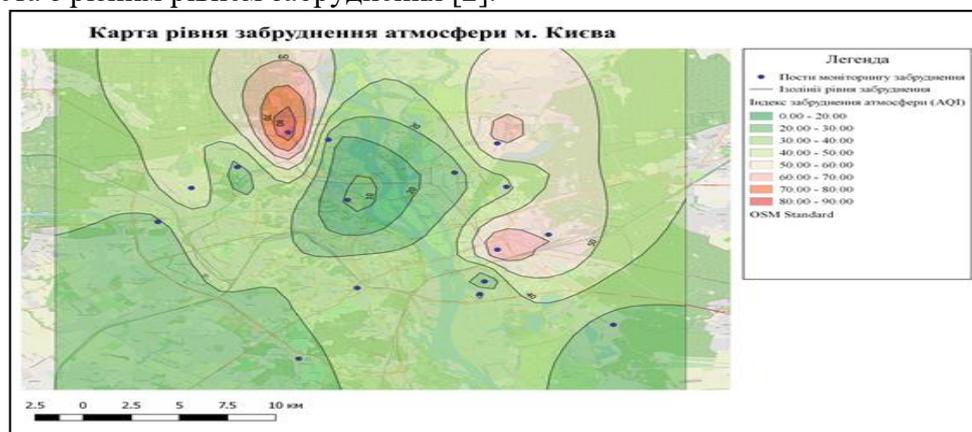


Рис. 1. Карта рівня забруднення атмосфери м. Києва (AQI)

На рис. 2 визначено рівень забруднення атмосферного повітря вуличних каньйонів міст від транспортних потоків при швидкості вітру 2 м/с. Різним кольором відображена середньодобова концентрація оксидів азоту в залежності від рівня забруднення кожного з вуличних каньйонів.



Рис. 2. Рівень забруднення вуличних каньйонів NO_x транспортними потоками

Висновки. На основі ГІС здійснено моделювання та візуалізацію процесів просторово-часового розподілу забруднення атмосферного повітря транспортними потоками в межах мегаполісу. Результати дослідження дозволять відслідковувати якість атмосферного повітря та попереджати критичні ситуації, за яких концентрація забруднюючих речовин перевищує гранично-допустимі значення.

Список використаних джерел

1. Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS— Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. — 228 с.
2. Самойленко Є. С. Управління рівнем забруднення атмосфери міст шляхом моделювання з використанням геоінформаційних систем. Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні Транспортні Системи: Екологія, Безпека, Якість, Комфорт». – К.: НТУ, 2022, Вип. 1 С. 289-293. DOI: 10.33744/978-966-632-318-0-2022-3

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЧАСОМ КОМАНД ІТ-ПРОЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КВАДРАНТА СТІВЕНА КОВІ

Борисов О.В.¹, Борисова Н.І.²

¹Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

²ТОВ “Девлаб Україна”, Київ, Україна

Анотація. У сучасному інформаційному світі, де час стає все більш цінним ресурсом, ефективне управління часом стає ключовим чинником для досягнення успіху та підвищення продуктивності. Застосування різних методів управління часом дозволяє ІТ-фахівцям структурувати свою роботу, встановлювати пріоритети, уникаючи перевантаження і зосереджуючись на найважливіших завданнях. Вони допомагають краще організувати час, дозволяючи більш ефективно його використовувати та досягати поставлених цілей. Експериментування та постійний розвиток навичок управління часом допомагають покращити ефективність роботи та досягнення поставлених завдань.

Ключові слова: ІТ-проект, людські ресурси, управління часом, віртуальні команди.

FEATURES OF TIME MANAGEMENT OF IT PROJECT TEAMS USING THE STEPHEN KOVEY QUADRANT

Borisov O.V.¹, Borisova N.I.²

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²Devlab Ukraine LLC, Kyiv, Ukraine

Abstract. In today's information-driven world, where time is becoming an increasingly valuable resource, effective time management is becoming a key factor in achieving success and increasing productivity. Using various time management techniques allows IT professionals to structure their work, set priorities, avoid overload and focus on the most important tasks. They help to better organise time, allowing them to use it more efficiently and achieve their goals. Experimenting and continually developing time management skills can help you improve your performance and achieve your goals.

Keywords: IT-project, human resources, time management, virtual teams.

Вступ. Сучасний світ динамічно розвивається, трансформуючи природу роботи. Глобалізація дає можливість компаніям наймати найкращих фахівців з будь-якої точки світу. Гнучкість віртуальних команд дає можливість працівникам гнучко організувати свій робочий день та балансувати роботу та особисте життя [1]. Однак, віртуальні команди не мають чіткої структури та ієрархії, що може призвести до проблем з координацією роботи та розподілом завдань.

Мета роботи. Опис та апробація методики ефективного управління часом для віртуальних IT-команд, що ґрунтується на регулярній комунікації, онлайн-інструментах та заохоченні самоорганізації.

Постановка задачі. Ефективне керування часом є одним з ключових навичок, необхідних спеціалістам IT-проєкту для успішної роботи в швидкому та динамічному світі інформаційних технологій. Регулярна комунікація для покращення співпраці та запобігання непорозумінням, використання онлайн-інструментів для синхронізації роботи та спільного доступу до інформації, а також заохочення членів команди до самоорганізації та відповідальності – все це робить управління часом ключем до успіху віртуальних команд.

Основна частина. У IT-галузі, де терміни жорсткі, проєкти багатозадачні, вміння ефективно планувати, організовувати та контролювати свій час стає невід'ємною частиною успіху. Ефективне управління часом це - уміння планувати, встановлювати пріоритети, використовувати можливості, а також відмовлятися від зайвого [2].

Останніми роками з'явилося багато нових технологій, які володіють значним потенціалом для покращення цієї сфери: цифрові інструменти для планування та відстеження завдань - платформи для ведення проєктів (Jira, Trello, Asana, Monday.com), системи управління завданнями (Todoist, TickTick, Habitica) та час-трекери (Toggl, Harvest, RescueTime). Віртуальні інструменти для комунікації та співпраці - відеоконференції (Zoom, Google Meet, Microsoft Teams), месенджери (Slack, Microsoft Teams, Discord) та віртуальні дошки (Miro, Mural, Limnu). Технології для синхронізації роботи - системи спільного доступу до файлів (Google Drive, Dropbox, OneDrive), хмарні календарі (Google Calendar, Outlook Calendar, iCloud Calendar) та інструменти для спільного редагування документів (Google Docs, Microsoft Word Online, Zoho Docs).

Для досягнення максимального результату в управлінні часом, оптимальним є метод 4 квадрантів від Стівена Кові. Кові підкреслює, що управління часом не обмежується простою організацією завдань. Він стверджує, що це справжня філософія життя.

Однією з основних причин невдач в IT-проєктах є недостатній обсяг часу або неправильний його розподіл. Розглянемо детальніше, як вирішити проблему розподілу виділеного часу, щоб встигнути завершити роботу у встановлений термін. Для цього застосуємо алгоритм практики управління часом, метод - 4 квадранти від Стівена Кові, який є одним з ефективних та найбільш підходящих для роботи з IT-проєктами. Квадранти Стівена Кові - це матриця, що складається з чотирьох секцій. Кожна з них відображає

конкретну пріоритетну категорію в завданнях (рисунок 1). В той же час кожна четверть містить набір дій, якими потрібно керувати по-різному, розглянемо це докладніше [3].

	URGENT	NOT URGENT
IMPORTANT	<p><u>Quadrant I</u> urgent and important DO</p>	<p><u>Quadrant II</u> not urgent but important PLAN</p>
NOT IMPORTANT	<p><u>Quadrant III</u> urgent but not important DELEGATE</p>	<p><u>Quadrant IV</u> not urgent and not important ELIMINATE</p>

Рис. 1. Квадранти Стівена Кові

Квадрант I: Важливе і Строкове (завдання потребують негайної уваги всієї команди.).

Квадрант II: Важливе, але Не Строкове (завдання можна делегувати членам команди з відповідними навичками).

Квадрант III: Не Важливе, але Строкове (завдання можна відкласти або ігнорувати).

Квадрант IV: Не Важливе і Не Строкове (завдання слід викреслити зі списку).

Висновки. Впровадження матриці Кові в ІТ-проектах дає можливість: зосередження на важливих, а не термінових задачах, веде до кращих результатів; чіткого планування та делегування завдань, що допомагає зменшити відчуття завантаженості; сприяє розвитку навичок тайм-менеджменту. Застосування матриці Кові - це шлях до покращення особистої та командної ефективності в динамічному та стресовому середовищі ІТ-проекту.

Список використаних джерел

1. Борисов О.В., Данченко О.Б., Грабіна К. В., Особливості управління віртуальними командами ІТ-проектів. VI міжнародна науково-практична конференція РЗМ-2021 - Одеса, НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» 2021
2. Ратушняк, О. Г. Самоменеджмент: навч. пос. / О. Г. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 170 с.
3. Кові С. 7 звичок надзвичайно ефективних людей. Книжковий клуб «Клуб сімейного дозвілля». 2012. 384 с.

МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛІВ ПРОЄКТІВ В ГАЛУЗІ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА

Данченко О.Б., Куліков О.М.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Впровадження портфельного управління проектами в галузі дорожнього будівництва створює потенціал покращити ефективність управління різноманітними проектами, а запропоновані автором стратегії FEFO, FIFO, LIFO та HIFO рекомендовано застосовувати в процесі включення проектів до відповідного портфелю в залежності від їхньої часової та ціннісної актуальності в певний проміжок часу. Модель «Компас», в свою чергу, надає можливість визначати пріоритетність проекту для включення його до портфелю проектів з урахуванням наявних ресурсів (матеріальних, фінансових, людських тощо).

Ключові слова: портфель проектів, дорожнє будівництво, концептуальний підхід, управління.

THE MODEL OF FORMATION OF ROAD TRANSPORTATION PROJECTS PORTFOLIOS

Danchenko O., Kulikov O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The introduction of portfolio management of projects in the field of road construction creates the potential to improve the efficiency of management of various projects, and the FEFO, FIFO, LIFO and HIFO strategies proposed by the author are recommended to be used in the process of including projects in the relevant portfolio, depending on their time and value relevance in a certain period of time. The "Compass" model, in turn, provides an opportunity to determine the priority of the project for its inclusion in the portfolio of projects, taking into account the available resources (material, financial, human, etc.).

Keywords: project portfolio, road construction, conceptual approach, management.

Вступ. У галузі дорожнього будівництва, як і в будь-якій іншій сфері, ефективне управління проектами є ключовим фактором успіху. З врахуванням складності та обсягу інфраструктурних проєктів, застосування портфельного управління проектами дозволить підвищити ефективність управління означеною галуззю.

Мета роботи. Продемонструвати переваги концептуального підходу щодо формування портфеля проєктів в галузі дорожнього будівництва.

Постановка проблеми. У світлі швидкого розвитку технологій та зростання глобальних інфраструктурних потреб, необхідно підвищувати ефективність процесів управління яке досягається за рахунок розроблення та впровадження нових підходів до портфельного управління проектами галузі дорожнього будівництва, що є на сьогодні актуальною проблемою.

Основна частина. Метою управління портфелем є забезпечення послідовного підходу до управління компонентами портфеля на основі збалансованого вибору проєктів та узгодження зі стратегічними цілями організації, пріоритетами стейкхолдерів та цінностями, як-от сталими практиками та етичними принципами. Компоненти портфеля можуть бути змінені, прискорені, відкладені або припинені [1, 2].

У дослідженні запропоновано здійснювати узгодження стратегічних цілей та проєктів, які включаються до портфелю проєктів, за допомогою стратегій FEFO, FIFO, LIFO та HIFO (рис. 1). Відповідно до рис. 1 видно, що вибір проєкту, із запропонованого набору, для включення його до портфелю відбувається в залежності від актуальності проєкту, яка існує в певний проміжок часу. Тобто, виходячи із стратегічних цілей компанії особа, що приймає рішення, визначає актуальність того чи іншого проєкту з метою його першочергового включення до відповідного портфелю, зокрема шляхом визначення можливостей компанії застосовувати ресурси для досягнення стратегічних цілей [3].

В свою чергу, запропоновано модель «Компас», яка, на відміну існуючих, надає можливість визначення пріоритетного проєкту для включення його до портфелю проєктів з урахуванням наявних ресурсів (матеріальних, фінансових, людських тощо), його актуальності за часом та цінністю для його стейкхолдерів (рис. 2).

В процесі вибору проєктів та програм, які будуть включені до портфеля проєктів за допомогою моделі «Компас», враховуються такі фактори, як: витрати проти вигід; типи вигід; прийнятний рівень ризику та вплив ризику; ув'язка зі стратегічними цілями; доступність ресурсів; терміни реалізації витрат та вигід [3].

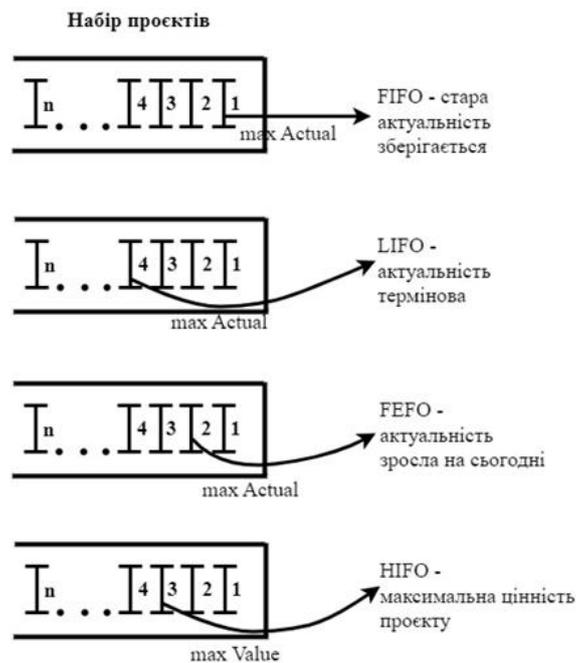


Рис. 1. Узгодження проєктів за допомогою стратегій FEFO, FIFO, LIFO та HIFO

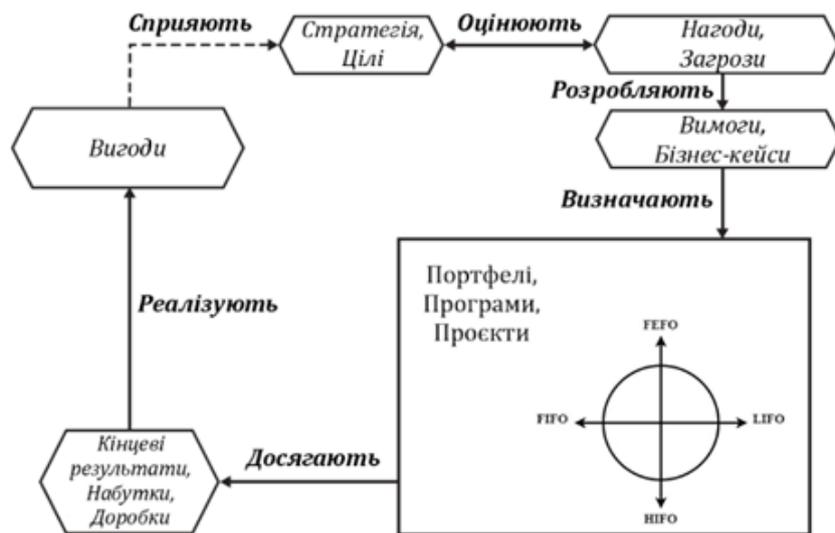


Рис. 2. Реалізація стратегії розвитку за допомогою моделі «Компас»

Висновки. Ефективним інструментом успішності проєктів є застосування методології управління портфелями проєктів, а запропонована модель «Компас», дозволяє визначати саме ті проєкти, які необхідно включити до відповідного портфеля, враховуючи часові та ціннісні актуальності за скориставшись стратегіями FEFO, FIFO, LIFO та HIFO.

Список використаних джерел

1. ISO 21504:2022: Project, programme and portfolio management. Guidance on portfolio management. URL: <https://www.iso.org/standard/82867.html>.
2. 22. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Seventh Edition. USA: PMI, 2021. 250 с.
3. Морозова Г.А., Куліков О.М. Концептуальна модель формування портфелів проєктів в галузі дорожнього будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 57.

ЦІННІСНО-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ

Іщенко В.А., Кравчук І.В.

Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. В роботі автор розкриває ефективність впровадження в ціннісно-орієнтоване управління проєктами досягнень інформаційних технологій в контексті діджиталізації процесів та послуг. Обґрунтовано, що сучасний інструментарій управління проєктами доповнений інструментарієм цифрових технологій, покращує роботу транспортної інфраструктури та робить надання послуг споживачам пасажирських перевезень якісними та ефективними. Відмічається, що при такому поєднанні прогресивних методів та заходів, вирішується головна задача цінності проєкту – забезпечення пасажирів послугами високого рівня.

Ключові слова: проєкт, пасажирські перевезення, діджиталізація, ціннісно-орієнтоване, управління.

VALUE-ORIENTED MANAGEMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION PROJECTS UNDER THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION

Ishchenko V., Kravchuk I.

National Transport University, Kyiv, Ukraine

Abstract. In the work, the author reveals the effectiveness of the implementation of information technology achievements in value-oriented project management in the context of digitalization of processes and services. It is substantiated that the modern toolkit of project management, complemented by the toolkit of digital technologies, improves the operation of the transport infrastructure and makes the provision of services to consumers of passenger transport qualitative and effective. It is noted that with such a combination of progressive methods and measures, the main task of the value of the project is solved - providing passengers with high-level services.

Keywords: project, passenger transportation, digitization, value-oriented, management.

Вступ. Процеси діджиталізації, які відбуваються сьогодні у суспільстві та державі, не залишають осторонь і галузь пасажирських перевезень. Цифровий простір стає однією з можливостей ефективного розвитку галузі.

Головною метою управління проєктами є, насамперед, створення нових людських цінностей [1]. Такий ціннісно-орієнтований підхід в управлінні проєктами представляє собою сучасний інструментарій застосування на практиці ідеї створення цінності проєкту.

Мета роботи. Продемонструвати переваги впровадження цифрових технологій в ціннісно-орієнтоване управління проєктами пасажирських перевезень.

Постановка проблеми. Сфера пасажирських перевезень, де мобільність та доступність грають важливу роль у повсякденному житті, є невід'ємною складовою сьогодення, а задоволення різноманітних потреб пасажирів вимагає високого рівня організації, ефективності та врахування сучасних тенденцій [2], а можливості діджиталізація дозволяють зробити транспорт більш доступним, безпечним, зручним та ефективним для споживачів цих послуг.

Основна частина. Впровадження останніх розробок для інформаційних систем дозволяє забезпечити ефективне здійснення різнопланової діяльності з діджиталізації, що відображається через призму мінімізації витрат на проєкти та одночасної максимізації цінності проєкту.

Сучасні інформаційні засоби все більше охоплюють управління проєктами, наприклад, в ланцюгах постачання стали більш доступні функції з управління персоналом, поставками, бюджетування, побудови логістичних шляхів.

Виходячи з цього, виникає необхідність активного впровадження новітніх технологій в сферу пасажироперевезень задля покращення управління та оптимізації надання транспортних послуг.

Тенденції сьогодення демонструють, що більшість послуг споживачі отримують через сучасні цифрові технології з метою забезпечення зручності та доступності транспортних послуг (рис. 1), то б то діджиталізація в проєктах пасажирських перевезень відкриває широкі можливості для покращення якості надання послуг пасажиром.



Рис. 1. Цифрові технології в сфері надання послуг пасажирських перевезень

Мобільні додатки дозволяють здійснювати замовлення та оплату електронних квитків онлайн, відстежувати маршрути автотранспорту, отримувати необхідну інформацію щодо розкладу руху, забезпечуючи зручну взаємодію з транспортною системою.

Використання бази даних та аналітичні розрахунки в системі управління дозволяють оптимізувати складні маршрути, спрогнозувати попит та потреби споживачів даної послуги. А єдина платформа, яка об'єднує різні види транспорту, забезпечує зручне переміщення пасажирів.

Все вище перелічене, говорить про те, що в якості цінності проєктів пасажирських перевезень необхідно розуміти множину критеріїв, які задовільняють потреби ключових учасників проєкту [2], а засобами задля досягнення цієї мети є саме цифрові технології нового покоління.

Висновки. Впровадження діджиталізації в проєкти пасажирських перевезень виходить за межі поняття «вдосконалення» транспортної інфраструктури, набуваючи значущості для підвищення конкурентоспроможності та забезпечення високого рівня безпеки та обслуговування пасажирів, як цінності продукту проєкту. Для створення цінності необхідно узгоджувати потреби, як користувачів, так і стратегій власників в поєднанні з інноваційним мисленням [1].

Список використаних джерел

1. Данченко О.Б., Нахімі М.М., Савіна О.Ю. Ціннісно-орієнтоване управління змістом будівельного проєкту. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. Харків, 2020. № 2. С.23-31. DOI: 10.20998/2413-3000.2020.2.4. URL: https://library.krok.edu.ua/media/library/category/statti/danchenco_0024.pdf
2. Іщенко В.А. Аналіз особливостей проєктів пасажирських перевезень. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 57.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ РИЗИКІВ ТА ЇХ ПРІОРИТЕТІВ В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ

Максимов А.С., Триус Ю.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Важливою та актуальною проблемою в управлінні проєктами є проблема управління ризиками. Одним з популярних інструментів управління ризиками проєктів, що широко використовується на практиці, є метод матриці ризиків, який передбачає розподіл ризиків на три рівні: високий, середній і низький за двома критеріями: їх впливом на проєкт та ймовірністю їх виникнення в проєкті. При використанні цього методу іноді важко точно визначити, до якої саме категорії ризиків відноситься певний ризик. У таких умовах постає проблема розробки методу, який би надавав можливість менеджеру проєктів досить точно класифікувати ризики за різними ступенями важливості, не обмежуючись лише двома критеріями. У дослідженні запропоновано і обґрунтовано новий метод для аналізу ризиків проєкту, який є комбінацією модифікованого методу матриці ризиків, що надає можливість з високою точністю оцінювати ризики за більш широкою шкалою і більшою кількістю критеріїв, ніж традиційний метод матриці ризиків, та методу аналізу ієрархій, за допомогою якого визначаються пріоритети ризиків та їх ранги з метою запобігання і усунення, в першу чергу, тих з них, що мають найвищі пріоритети. Для реалізації методу була побудована модель управління ризиками проєкту (Project Risk Management Model (PRMM)), побудовано алгоритм, що реалізує цей метод, і на його основі створено веб-ресурс, що забезпечує автоматизацію процесу класифікації ризиків у режимі онлайн, визначає пріоритети ризиків та їх ранги, а також надає рекомендації користувачу щодо заходів для запобігання та усунення ризиків з найбільшими пріоритетами у вигляді реєстру ризиків.

Ключові слова: інформаційна технологія, проєкт, управління ризиками, класифікація ризиків, метод матриці ризиків, метод аналізу ієрархій, методи прийняття рішень.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR DETERMINING RISK LEVELS AND THEIR PRIORITIES IN PROJECT MANAGEMENT

Maksymov A., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. An important and relevant issue in project management is the problem of risk management. One of the most prevalent project risk management tools in practice is the Risk Matrix method, which categorizes risks into three levels: high, medium, and low. This categorization is based on two criteria: the consequence of the risk on the project and the likelihood of its occurrence in the project. The application of this methodology occasionally presents challenges in accurately categorizing specific risks. In such conditions, the problem is to develop a method that would allow the project manager to fairly accurately classify risks according to different levels of importance, without being limited to only two criteria. The research proposes and justifies a new method for project risk analysis, which is a combination of a modified Risk Matrix method, which provides the ability to assess risks with high accuracy on a broader scale and a greater number of criteria than the traditional Risk Matrix method, and the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, which determines the priorities and ranks of risks to prevent and mitigate those with the highest priorities first. In order to implement the method, a Project Risk Management Model (PRMM) was created, an algorithm implementing the method was developed, and on its basis a web resource was created that enables the automation of the online risk classification process, determines the priority of risks and their ranks, and also provides the user with recommendations for actions to prevent and eliminate the highest priority risks in the form of a risk register.

Keywords: information technology, project, risk management, risk classification, Risk Matrix method, Analytic Hierarchy Process, decision-making methods.

Вступ. Проблема управління ризиками залишається актуальною завжди, оскільки ризики присутні в кожному проєкті. Поняття ризику проєкту має різні визначення, зокрема в стандарті ISO 31000: 2018 [1] зазначено, що «ризик – це вплив невизначеності на

досягнення цілей». Одним з популярних інструментів управління ризиками у проєктах є метод матриці ризиків, який передбачає створення таблиці, де зазначаються найважливіші граничні значення ймовірностей виникнення ризиків та граничні значення їх впливу на проєкт. У методі матриці ризиків оцінюється рівень ризику на перетині рядків (ймовірності виникнення ризиків у проєкті) та стовпців (вплив ризиків на проєкт) [2]. Це простий, але ефективний механізм, який допомагає збільшити видимість ризиків і сприяє управлінню прийняттям рішень. Разом з цим, він має певні недоліки [3], серед яких основним є проблема некоректної класифікації ризиків проєкту, що може негативно вплинути на прийняття рішення щодо заходів їх усунення та запобігання. Тому подальше дослідження і розробка ефективних методів управління ризиками проєктів та створення сучасних технологій їх реалізації є актуальною науковою і практичною проблемою.

Мета роботи – створення інформаційної технології, що забезпечить користувачу можливість у режимі онлайн досить точно визначати рівні ризиків проєкту за певними критеріями, обчислювати їх пріоритети та ранги з використанням модифікованого методу матриці ризиків та методу аналізу ієрархій.

Основна частина. Розглянемо метод для аналізу ризиків проєкту, який є комбінацією модифікованого методу матриці ризиків, що надає можливість з високою точністю оцінювати ризики за більш широкою шкалою і більшою кількістю критеріїв, ніж традиційний метод матриці ризиків, та методу аналізу ієрархій (MAI) [3], за допомогою якого визначаються пріоритети ризиків та їх ранги.

Для вирішення поставленої задачі запропонована модель управління ризиками проєкту (Project Risk Management Model (PRMM)), що має такий вигляд:

$$PRMM = \langle A, C, K, R, F, W, RPE \rangle, \quad (1)$$

де: $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ – множина ризиків проєкту; $C = \{C_1, C_2, \dots, C_s\}$ – множина рівнів ризику; $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ – множина критеріїв оцінювання ризиків; $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ – множина оцінок рівнів ризику проєктів, що обраховуються у відповідності до наявних критеріїв і експертних оцінок для кожного ризику, за формулою: $R_i = k_{i1} \cdot k_{i2} \cdot \dots \cdot k_{im}$, де $k_{ij} \in (0; 1]$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$, F – функціональна залежність, у відповідності до якої визначається належність ризиків A_i до певного рівня ризиків C_j ; $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ – вектор пріоритетів ризиків проєкту, що одержується за допомогою методу аналізу ієрархій; $RPE = \langle RP, RE \rangle$ – множина заходів щодо запобігання та усунення ризиків проєкту, RP (risk prevention) – множина заходів щодо запобігання ризиків; RE (risk elimination) – множина заходів щодо усунення ризиків.

Представлена модель управління ризиками проєктів (1) є узагальненням моделі, що використовується у методі матриці ризиків. На рис. 1 зображено схему алгоритму реалізації комбінованого методу визначення рівнів ризику проєкту, пріоритетів та рангів цих ризиків.

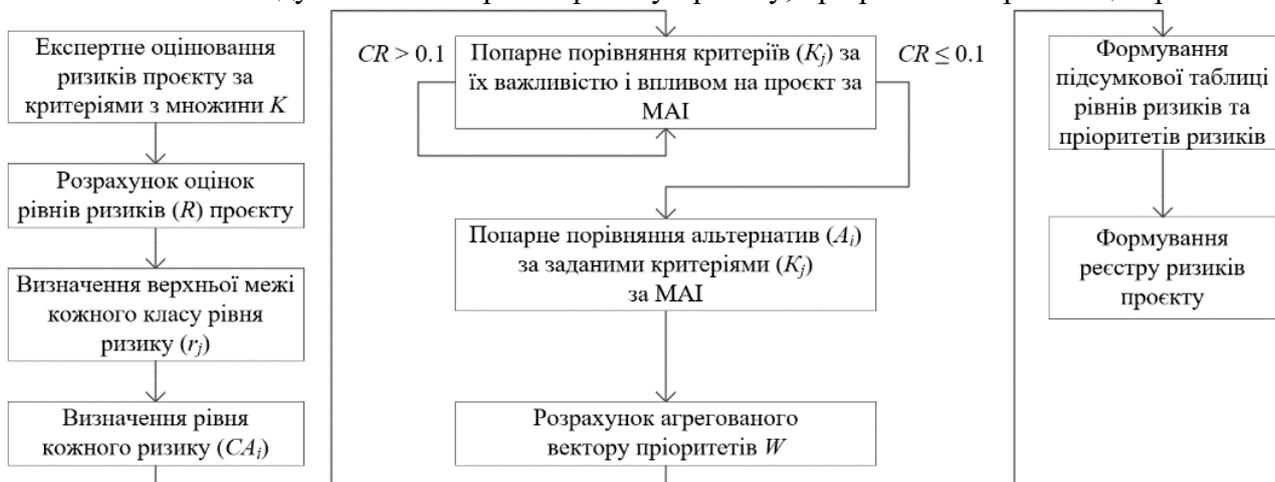


Рис. 1. Схема алгоритму реалізації комбінованого методу.

Розглянемо застосування запропонованої інформаційної технології на прикладі управління ризиками ІТ-проєкту, коли критерії k_1 – «ймовірність виникнення ризику в проєкті» (Likelihood) та k_2 – «вплив ризику на перебіг проєкту» (Consequence) не є

рівнозначними. На рис. 2 продемонстровано сторінку модуля СППР «Decisioner» для управління ризиками для випадку, коли 5 видів ризику, 2 критерії і 5 рівнів ризику. Розроблений модуль управління ризиками надає можливість користувачу, як експерту, оцінити ймовірність та вплив ризику від 0 до 1. Користувач може додавати вхідні дані, змінювати вже існуючі, або видаляти їх. При цьому для оцінювання використовується шкала Сааті від 1 до 9.



Рис. 2. Приклад вхідних даних керування ризиками ІТ-проєкту

На наступному кроці користувач обирає верхню межу r_j кожного рівня ризику C_j ($j = \overline{1, 5}$). (рис. 3). При цьому значення r_j підбираються автоматично, що забезпечує приблизно однакове співвідношення між площами областей, що відповідають рівням ризиків. Змінюючи параметр r_j можна налаштувати області визначення рівнів ризиків. Від цього залежить до якого класу ризику потрапить подія. Після натискання на кнопку «Process Data» на області матриці ризиків буде зображено наявні ризики як точки A_i з координатами (k_{i1}, k_{i2}) ($i = \overline{1, 5}$) і кольором, що відповідає кольору рівня ризику (рис. 3).

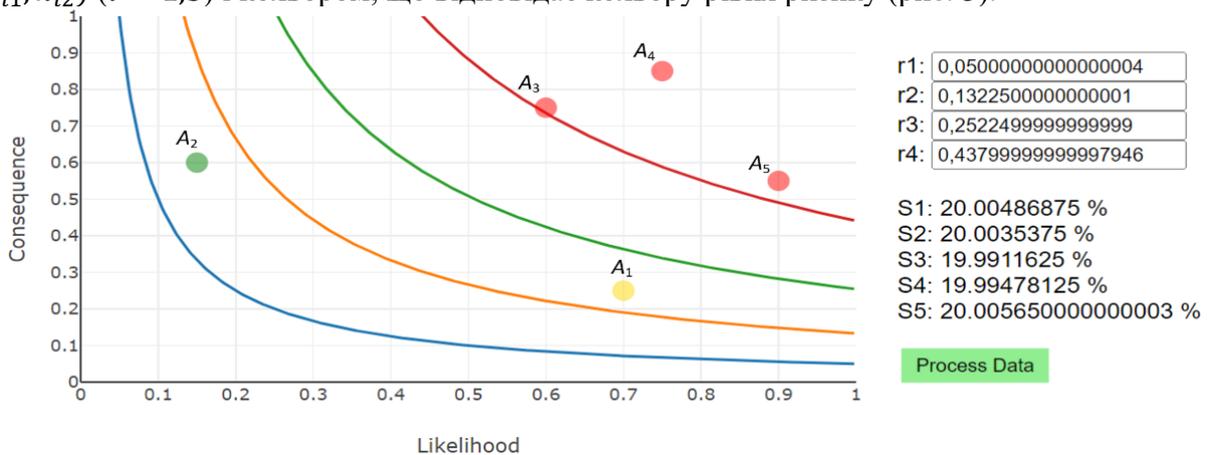


Рис. 3. Результат виконання класифікації ризиків ІТ-проєкту за рівнями

Далі автоматично виконуються обчислення за МАІ (рис. 4). Обчислення головного власного вектору W матриці парних порівнянь відбувається на основі обчислення власних векторів, за класичним МАІ [3]. У результаті парного порівняння критеріїв за метою та ризиків за критеріями отримуємо вектор пріоритетів ризиків ІТ-проєкту W . Після цього виводяться результати обчислень у вигляді таблиці з рівнями ризиків, значеннями

пріоритетів та рангів ризиків ІТ-проєкту (рис. 5) і таблиці з реєстром ризиків ІТ-проєкту з переліком заходів щодо їх запобігання та усунення, яку можна експортувати в Excel-файл.

Pairwise comparisons by the criterion "Likelihood"

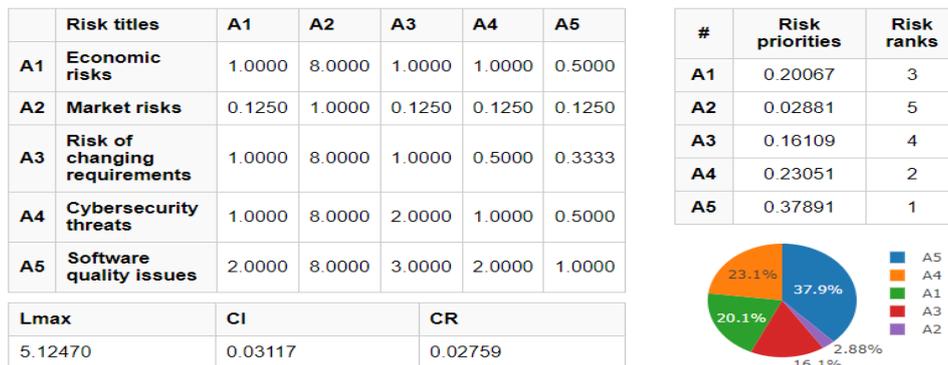


Рис. 4. Результат парного порівняння ризиків за критерієм «Ймовірність»

Risk levels and risk priorities



Рис. 5. Підсумкові результати з рівнями ризиків, значеннями пріоритетів та рангів ризиків

Для випадку розрахунків, зображених на рис. 5, з врахуванням компромісного рішення між однаковою (1) та слабкою (3) перевагою ймовірності над впливом ризиків (рис. 2), до області дуже високого рівня ризиків C_5 потрапляють ризики: A_3 – ризик зміни вимог до ІТ-проєкту, A_4 – загрози в кібербезпеці, A_5 – ризики з якістю програмного забезпечення. До області середнього рівня ризиків C_3 потрапляє A_1 – економічні ризики, а до області низького рівня ризиків C_2 потрапляє A_2 – ринкові ризики.

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає у побудові моделі управління ризиками проєкту (Project Risk Management Model), на базі якої запропоновано і обґрунтовано метод для аналізу ризиків проєкту, який є комбінацією модифікованого методу матриці ризиків, що надає можливість з високою точністю визначити рівень ризиків за більш широкою шкалою і більшою кількістю критеріїв, ніж традиційний метод, та методу аналізу ієрархій, за допомогою якого визначаються пріоритети ризиків та їх ранги. Створений веб-ресурс має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача; надає можливість автоматизувати процес розподілу ризиків за критеріями важливості, отримати значення пріоритетів ризиків та їх рангів, візуалізувати результати роботи з аналізу ризиків та згенерувати реєстр ризиків з рекомендаціями щодо їх запобігання та усунення. Отримані експериментальні результати підтверджують доцільність застосування розробленої інформаційної технології для розв'язування задач управління ризиками в проєктах.

Список використаних джерел

1. ISO 31000: 2018. Risk management – Guidelines. Official edition. 2018. 16 p. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en> (дата звернення: 30.03.2024)
2. Anthony (Tony) Cox, L., Jr. What's Wrong with Risk Matrices?. Risk Analysis, 2008. 28. P. 497-512. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x
3. Duijm, D.J.: Recommendations on the use and design of risk matrices. Saf. Sci. 76 (1), 13–21 (2015). doi:10.1016/j.ssci.2015.02.014.
4. Thomas L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation; McGraw-Hill International Book Company, 1980, 287 p.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ В ПРОЄКТАХ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Rychlik A.¹, Семко О.В.², Бедрій Д.І.³, Маршак О.І.⁴, Нестеренко А.М.²

¹Lodz University of Technology, Łódź, Poland,

²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,

³Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна,

⁴Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Миколаїв, Україна

Анотація. У сучасному бізнес-середовищі, де цифрова трансформація створює певні умови виникнення інформаційних ризиків, розробка інформаційної технології управління інформаційними ризиками в проєктах в умовах цифрової трансформації бізнесу є надважливою задачею організації. Автори роботи доводять, що інформаційна технологія дозволяє підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів (виявлення, аналіз, оцінка ризиків), що сприятиме прийняттю управлінських рішень та успішності реалізації проєкту організації.

Ключові слова: інформаційна технологія, інформаційні ризики, цифрова трансформація, управління, програмний продукт.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR MANAGEMENT OF INFORMATION RISKS IN PROJECTS UNDER THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

Rychlik A.¹, Semko O.², Bedrii D.³, Marshak O.⁴, Nesterenko A.²

¹Lodz University of Technology, Łódź, Poland,

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine,

³Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine,

⁴National Shipbuilding University named after of Admiral Makarov, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. In the modern business environment, where digital transformation creates certain conditions for the emergence of information risks, the development of information technology for managing information risks in projects under the conditions of digital transformation of business is an important task of the organization. The authors of the work prove that information technology allows to increase the efficiency of the use of information resources (detection, analysis, assessment of risks), which will contribute to the adoption of management decisions and the success of the implementation of the organization's project.

Keywords: information technology, information risks, digital transformation, management, software product.

Вступ. Сучасне бізнес-середовище повсякчасно стикається з викликами цифровізації, які вимагають ефективного управління інформаційними ризиками, що пов'язані із загрозами втрати інформації. Саме, інформаційні технології дозволяють створювати моделі для прогнозування імовірності настання інформаційних ризиків та вагу їх впливів, що робить можливим обирати сценарії за показниками, які співвідносяться з метою проєкту та подальшим прийняттям стратегічних рішень щодо управління ризиками [1].

Мета роботи. Мета роботи полягає у розробці інформаційної технології задля управління інформаційними ризиками в проєктах в умовах цифрової трансформації.

Постановка проблеми. Питання розробки інформаційної технології та програмного продукту для організацій, що впроваджують проєкти цифрової трансформації є на сьогоднішній день досить актуальним і важливим, оскільки дозволяє краще розуміти, контролювати та управляти ризиками у складному та змінному бізнес-середовищі.

Основна частина. В рамках тематики дослідження запропоновані структура інформаційної технології управління інформаційними ризиками в проєктах цифрової трансформації бізнесу (УІРПЦТБ) (рис.1) та програмний продукт для операційної системи Windows, основою якого є такі інформаційні технології, як С#, .NET Core, а також WinForms для реалізації графічного інтерфейсу користувача. Програмний засіб оперує на основі Json-database, що забезпечує просте та зручне зберігання, передавання, використання та аналіз

даних. Він має три основні режими роботи: режим менеджера компанії, режим проєктного менеджера, та режим експерта. Режим менеджера компанії передбачено для координації всього процесу управління інформаційними ризиками (редагування списку експертів, формування проєктів, опитування, перегляд результату опитувань, інше).

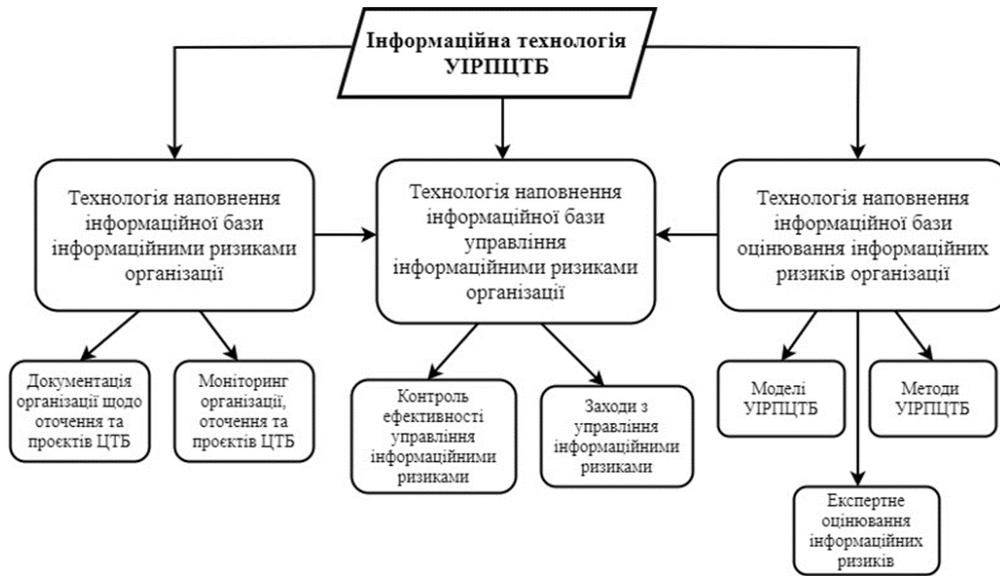


Рис. 1. Структура інформаційної технології УІРПЦТБ

Режим проєктного менеджера призначений для дій, пов'язаних з конкретним проєктом (формування опитування, створення групи експертів, перегляд результатів опитувань та списку загальних та специфічних проєктних ризиків свого проєкту). У режимі експерта передбачено можливість пройти опитування, призначене конкретному експерту менеджером компанії чи проєкту. Приклад режимів роботи представлений режимом роботи менеджера компанії на рис. 2.

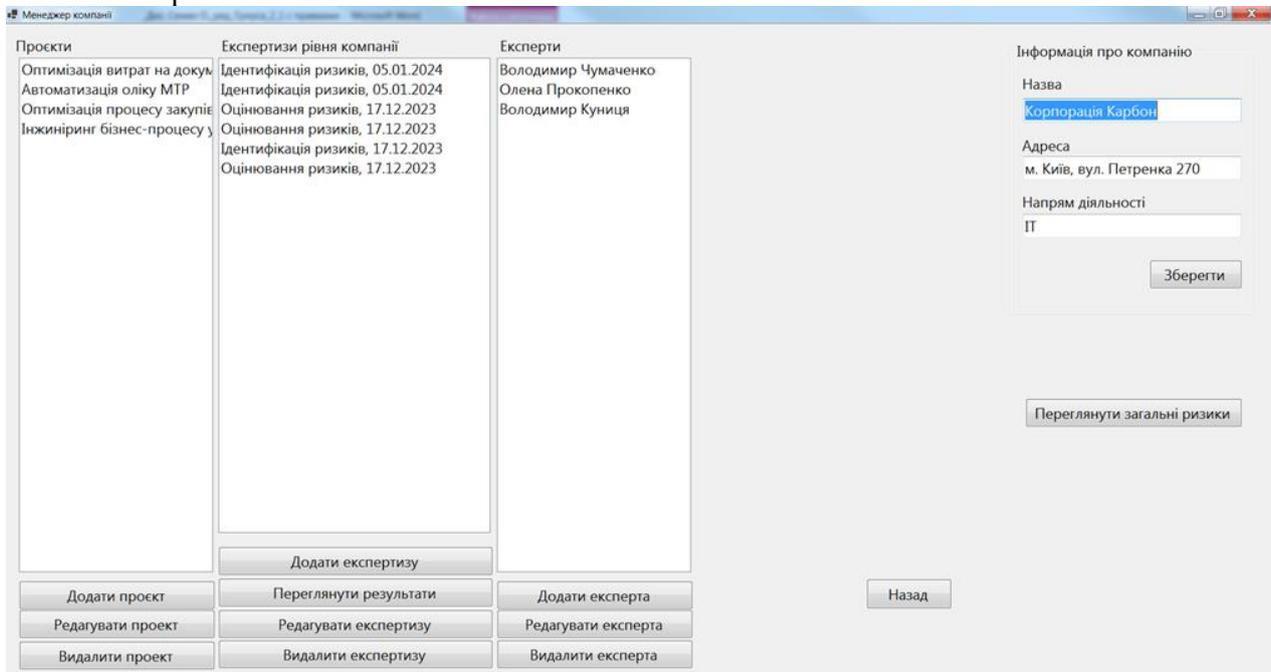


Рис. 2. Вікно режиму менеджера компанії

Висновки. Запропонована інформаційна технологія дозволяє підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів (виявлення, аналіз, оцінка ризиків) в процесі управління інформаційними ризиками в проєктах цифрової трансформації бізнесу, що в свою чергу, сприятиме прийняттю обґрунтованих управлінських рішень та успішності проєкту у відповідності до мети організації.

Список використаних джерел

1. Данченко О.Б., Семко О.В., Булаткін С.О. Інформаційна технологія управління ІТ- ризиками проєктів цифрової трансформації в бізнесі. *Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами»*, Коблево, 12–15 вересня 2023 р. 36. праць. Харків: ХНУРЕ, 2023.С. 76-79.

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ У ЦИФРОВОМУ ПРОЄКТНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ

Тесля Ю.М.¹, Єгорченкова Н.Ю.², Хлевна Ю.Л.³, Єгорченков О.В.²,
Катаєва Є.Ю.², Латишева Т.В.³

¹ Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна /
Baosteel Engineering Technology Group Co., Ltd., China

² Словацький технічний університет, Братислава, Словаччина

³ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Анотація. Розглядаються питання використання підходу, заснованого на побудові цифрових двійників проєктно-орієнтованих виробництв в цифровому проєктному менеджменті. Показано, що цифровий проєктний менеджмент направлений на мінімізацію участі людини в управлінні проєктами. Виходячи з цього обґрунтована необхідність застосування цифрових двійників для інтеграції проєктної і виробничої діяльності проєктно-орієнтованих підприємств машинобудівного, літакобудівного, приладобудівного і металургійного профілю.

Ключові слова: управління проєктами, цифровий двійник, цифровий проєктний менеджмент.

THE USE OF DIGITAL TWINS IN DIGITAL PROJECT MANAGEMENT

Teslia I.¹, Yehorchenkova N.², Khlevna I.³, Yehorchenkov O.², Kataieva Y.², Latysheva T.³

¹ Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine /
Baosteel Engineering Technology Group Co., Ltd., China

² Slovak University of Technology, Bratislava, Slovakia

³ Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Abstract. The article considers the issues of using an approach based on the construction of digital twins of project-oriented productions in digital project management. It is shown that digital project management is aimed at minimizing human involvement in project management. Based on this, the necessity of using digital twins to integrate the project and production activities of project-oriented enterprises in the machine-building, aircraft, engineering, and metallurgical industries is substantiated.

Keywords: project management, digital twin, digital project management.

Вступ. У різних галузях, в яких проєктні процеси перетинаються з операційними в частині використання в проєктах матеріально-технічних ресурсів, які створюються виробничими потужностями цих же підприємств, виникає задача оптимального узгодження операційних і проєктних процесів на рівні управління підприємством. З урахуванням складності, зокрема машинобудівних, літакобудівних, приладобудівних, металургійних підприємств і корпорацій застосування цифрових двійників для такого узгодження дозволить підвищити ефективність управління цими підприємствами.

Мета роботи. Продемонструвати необхідність застосування цифрових двійників проєктно-орієнтованих виробництв для підвищення ефективності управління підприємствами в машинобудівній, літакобудівній, приладобудівній і металургійній галузях.

Постановка проблеми. Для забезпечення розвитку підприємств машинобудівного, літакобудівного, приладобудівного і металургійного профілю, функціонування яких включає і проєктну, і операційну діяльність необхідно розвивати методи оптимального узгодження процесів виробництва матеріально-технічних ресурсів для проєктів, з

використанням цих ресурсів у самих проєктах. А для цього необхідно переносити таке виробництво в цифрове середовище з подальшим моделюванням проєктних і операційних процесів з пошуком оптимальних варіантів діяльності підприємств, що є на сьогодні актуальною проблемою.

Основна частина. Для підвищення ефективності управління проєктами на підприємствах, в яких частина ресурсів для проєктів є власною продукцією, необхідно сформулювати такий план виробництва, який забезпечить виготовлення ресурсів для проєктів у тій кількості і в той час, який є оптимальним для самих проєктів. А якщо бути точним – на момент використання цих ресурсів у проєктах. Сформулювати такий план в умовах, коли в проєктах постійно виникають різноманітні зміни традиційними методами неможливо. Адже потрібно розглядати різні варіанти змін, різні комбінації проєктів, багато з яких виникає вже після затвердження плану виробничої діяльності. Створювати запаси необхідної для проєктів продукції – не вихід. По-перше, будуть витрачатися значні ресурси. По-друге, зберігання на складах продукції, яка поки що не використовується в проєктах теж вимагає витрат. З іншого боку, якщо такої продукції буде недостатньо, проєкти будуть призупинятися, що теж призведе до значних втрат. Тому для оптимального управління виробництвом продукції для проєктів цих же підприємств необхідно змоделювати різноманітні комбінації проєктів, з різними термінами використання цих продуктів і сформулювати такий план, який з найбільшою ймовірністю буде економічно вигідним підприємству (мінімум простоїв і мінімум запасу продукції для проєктів). Потрібно моделювати виробничі і проєктні процеси на основі збалансованого вибору продукції, обсягів і термінів її випуску, обсягів і термінів використання в проєктах. Узгоджувати отриманий із моделювання план зі стратегічними цілями організації, пріоритетами замовників проєктів та цінностями підприємства.

Перший крок до вирішення цієї задачі було зроблено в роботах [1-2]. Але для повного відображення процесів підприємства з метою отримання раціонального плану через моделювання різних варіантів діяльності необхідно створити цифровий двійник підприємства. Який дасть змогу спрогнозувати наслідки тих чи інших рішень по виробництву продукції для проєктів. І використовуючи методи цифрового проєктного менеджменту в частині управління плануванням сформулювати оптимальний план і виробничої діяльності підприємства «під проєкти», і самих проєктів.

У дослідженні запропоновано:

1. Створити структуру цифрового середовища – розміщення цифрового двійника підприємства.
2. Технологію відображення інформації про підприємство в цифровому середовищі – технологія побудови цифрового двійника.
3. Підхід до прогнозування наслідків рішень щодо випуску продукції на результативність проєктів – використання цифрового двійника.

Інструментами вирішення запропонованих задач будуть:

1. Створення структури цифрового середовища – експертні методи та метод аналогій з використанням існуючих інформаційних систем підприємства.
2. Створення технології побудови цифрового двійника – системний аналіз, методи штучного інтелекту, методи та засоби сучасних інформаційних технологій.
3. Використання цифрового двійника – методи штучного інтелекту, методи імітаційного моделювання, методи управління проєктами.

Висновки. Застосування цифрових двійників в управлінні проєктно-орієнтованим підприємством може стати прикладом ефективного застосування цифрового проєктного менеджменту для вирішення задач, які людиною, в управлінні проєктами, вирішуються недостатньо ефективно: із-за інваріантності середовища менеджменту, невизначеності багатьох параметрів проєктів, значній кількості інформації і недостатній швидкості її обробки і оцінки для прийняття рішень. Всі ці недоліки під силу усунути цифровому проєктному менеджменту, орієнтованому на управління проєктами з мінімальною участю людини.

Список використаних джерел

1. Тесля Ю.М., Латишева Т.В. Розробка концептуальних основ матричного управління портфелями проектів і програм/Східно-Європейський журнал передових технологій. №1/3(79) . 2016. С.12-18.
2. Iurii Teslia, Iulia Khlevna, Oleksii Yehorchenkov, Tatiana Latysheva, Oleg Grigor , Yuriy Tryus, Prokopenko Tetiana, Oksana Polishchuk Method development of coordination of design and operational activities in the process of manufacturing complex scientific computer products/ "Східно-Європейський журнал передових технологій". №6 (114). 2021. С.83-92.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ КОМАНДОЮ В УМОВАХ ВІДДАЛЕНОЇ РОБОТИ

Ткаченко Є. В., Триус Ю.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У роботі розглядаються особливості управління командами в умовах віддаленої роботи. Розглянуті основні аспекти управління віддаленими командами, такі як планування та координація, комунікація та інші. Особлива увага приділяється використанню спеціалізованого програмного забезпечення для віддаленого управління. Запропонована модель управління командою в умовах віддаленої роботи на основі інформаційних технологій. Обґрунтовується твердження про те, що належно організована робота з управління віддаленою командою з використанням інформаційних технологій може не лише забезпечити ефективність роботи команди на рівні роботи в офісі, а й за певних умов перевищити її.

Ключові слова: інформаційні технології, проєкт, управління, команда, віддалена робота.

FEATURES OF TEAM MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF REMOTE WORK

Tkachenko Y., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine

Abstract. The work considers the features of team management in the conditions of remote work. Basic aspects of remote team management such as planning and coordination, communication, and others, are covered. Special attention is paid to the use of specialized software for remote management. The model of team management in conditions of remote work was proposed based on information technologies. It is argued that properly organized remote team management work can not only ensure the effectiveness of the team at the levels of work in the office, but also, under certain conditions, exceed it.

Keywords: information technology, project, management, team, remote work.

Вступ. Упродовж останніх років, через обмеження, що були викликані пандемією COVID-19, у світі зростала тенденція віддаленої роботи. Багато компаній успішно адаптувалися і продовжили працювати віддалено. Сьогодні світ стикається з новими економічними проблемами і перед бізнесом знову стоїть питання ефективності віддаленої роботи команд.

Мета роботи. Провести аналіз особливостей управління віддаленими командами, визначити переваги, недоліки та проблеми, з якими стикаються такі команди, запропонувати модель управління командою в умовах віддаленої роботи на основі інформаційних технологій.

Постановка проблеми. Існує популярна думка, що віддалена робота менш ефективна порівняно з роботою в офісі, через що, деякі бізнеси, зі зменшенням обмежень, знов повертаються до старого режиму роботи. На нашу думку, використання спеціалізованого програмного забезпечення з урахуванням особливостей управління командою в умовах віддаленої роботи дасть можливість ефективно здійснити перехід до гібридного або

повністю особистого робочого середовища, оптимізуючи продуктивність роботи всіх членів команди.

Основна частина. Згідно PMBOOK [1], управління проектами передбачає застосування навичок, методів та інструментів як для заходів з управління, так і для лідерської діяльності. Операції з управління зосереджені на засобах досягнення цілей проекту, таких як: наявність ефективних процесів, планування, координація, моніторинг тощо. Лідерська діяльність, у роботі з командою проекту, спрямована на людей і включає такі заходи як: вплив, мотивація та підтримка. Обидва напрямки важливі для досягнення очікуваних кінцевих результатів.

Глобалізація економіки та розвиток міжнародного бізнесу призвели до необхідності співпраці між людьми з різних куточків світу. Розвиток інформаційних технологій та інтернету дав можливість швидко та зручно спілкуватися і налаштовувати ефективні канали зв'язку на відстані, що, в свою чергу, зняло обмеження в пошуку нових талановитих фахівців по всьому світу. Незважаючи на це, більшість бізнес-процесів все ще були орієнтовані на команди, що фізично знаходилися в одному офісі, і тільки деякі спеціалісти могли виконувати обов'язки віддалено без значних ризиків для проекту.

Після початку пандемії і введення відповідних обмежень, команди були вимушені перейти на віддалену роботу і адаптувати бізнес-процеси під новий формат. Відсутність фізичного спілкування вимагає використання додаткових інструментів та інших стратегій і підходів до організації та керівництва командами. Проте, це також дає доступ до залучення більшої кількості кваліфікованих спеціалістів по всьому світу і загальне зменшення витрат на їх навчання і оплату праці.

Управління віддаленою командою складається з тих самих аспектів, що й управління звичайною командою, проте вимагає інших інструментів або підходів у цілому. Це спричинило швидкий розвиток різноманітних програмних засобів, наприклад, таких як: Slack, Microsoft Teams для комунікації; Jira, Trello, Asana для управління задачами, Google Docs, Confluence, Notion для спільної роботи з документами та багато інших.

В основі управління в умовах віддаленої роботи лежать технології, що забезпечують функціонування процесів всередині команди. Виходячи з призначення, рівня інтеграції з іншими процесами та впливу на команду, їх можна розділити на *операційні*, *стратегічні* та *процеси підтримки*. На рис. 1 наведено модель управління командою в умовах віддаленої роботи, де, як приклад, вказано деякі програмні засоби, що забезпечують відповідні процеси.

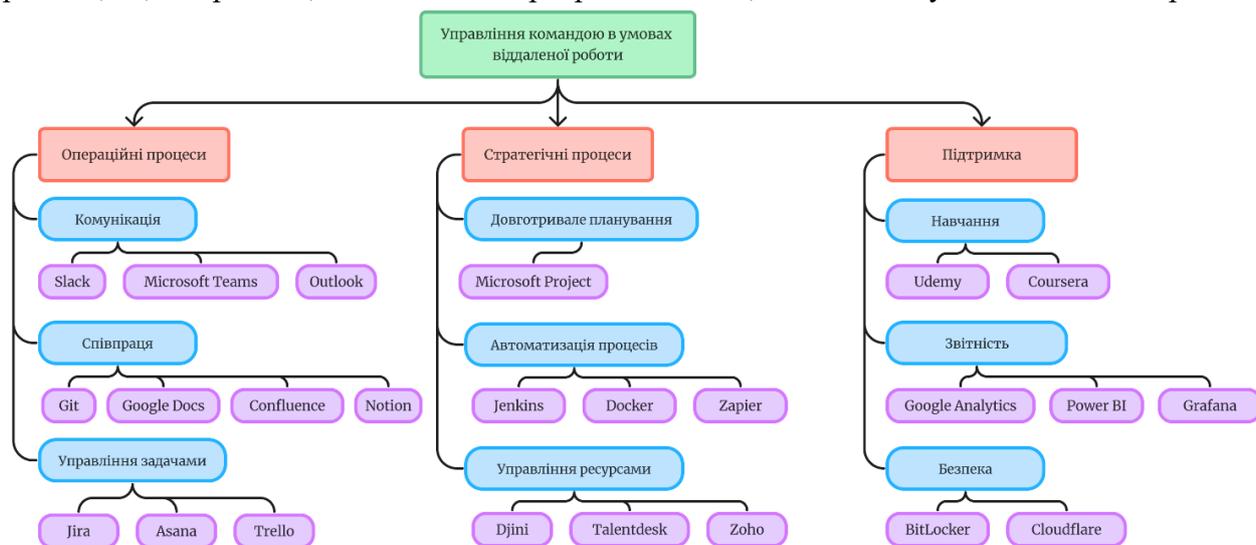


Рис. 1. Модель управління командою в умовах віддаленої роботи

Разом з тим, зауважимо, що процеси пов'язані з лідерством, прийняттям рішень або розв'язанням конфліктів часто керуються за допомогою міжособистісного спілкування без використання спеціального програмного забезпечення.

Висновки. Організація бізнес-процесів команди в умовах віддаленої роботи представляє унікальні виклики й можливості, що потребують ретельного розгляду та адаптації менеджерами команди. Подальший розвиток запропонованої моделі управління командою в умовах віддаленої роботи передбачає детальніший аналіз окремих процесів всередині команди та пошуку рішень з інтеграції різноманітного програмного забезпечення між собою, що допоможе забезпечити ефективне управління командою та успіху в сучасному робочому середовищі, що розвивається.

Список використаних джерел

1. Кестел Д., Даве В. Настанова до зводу знань з управління проектами (Настанова РМВООК). 7-е вид., 2014. 586 с.

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ В ІНЖИНІРИНГОВИХ КОМПАНІЯХ

Ткаченко Ф.В., Данченко О.Б.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. В роботі автори розглядають процеси управління в інжинірингових компаніях, враховуючи їхню специфіку. Виділяються основні проблеми розвитку ринку інжинірингових послуг в Україні, такі як дефіцит кваліфікованих кадрів, недосконала система визначення вартості проектних робіт та інші. Особливу увагу приділяється особливостям управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях, зокрема, відзначається необхідність контролю якості та проектно-орієнтована діяльність. Відмічається, що успішне управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях вимагає глибокого розуміння їхньої специфіки та застосування сучасних методів управління.

Ключові слова: бізнес-процеси, управління, інжиніринг, інжинірингові компанії.

BUSINESS PROCESS MANAGEMENT FEATURES IN ENGINEERING COMPANIES

Tkachenko F., Danchenko O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. In the work, the authors reveals management processes in engineering companies, considering their specificity. The main problems of development of the engineering services market in Ukraine are highlighted, such as a shortage of qualified personnel, an imperfect system for determining the cost of project works, and others. Special attention is paid to the peculiarities of managing business processes in engineering companies, in particular the necessity of quality control and project-oriented activity. It is noted that successful management of business processes in engineering companies requires a deep understanding of their specificity and the application of modern management methods.

Keywords: business processes, management, engineering, engineering companies

Вступ. У сучасному світі інжинірингові компанії відіграють важливу роль у розвитку технологій, виробництва та інфраструктури. Ці компанії надають комплекс послуг, пов'язаних з проектуванням, будівництвом, монтажем обладнання та іншими інженерними рішеннями. Здійснюючи проекти в різних сферах - від будівництва до виробництва, вони стикаються з унікальними викликами. Управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях вимагає глибокого розуміння технічних аспектів проектів та вибору ефективних методів.

Мета роботи. Проаналізувати специфіку діяльності таких компаній, виявити основні проблеми та складнощі, з якими вони зіштовхуються у процесі управління бізнес-процесами.

Постановка проблеми. Управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях має свої власні особливості та вимоги, що відображають специфіку їхньої діяльності та потреби.

Аналіз цих особливостей та їх урахування є важливим для досягнення успішних результатів у виконанні проектів та забезпечення конкурентоспроможності компаній на ринку.

Основна частина. Поняття «інжинірингова компанія» сьогодні має дуже широке значення. У [1] Інжиніринг (англ. *engineering*, від лат. *ingenium* — винахідливість) — це комплекс інженерно-консультаційних послуг, які пов'язані зі створенням об'єктів промисловості та сільського господарства, а також забезпеченням діяльності підприємств за широким спектром цілей їх маркетингової діяльності (від виробництва до збуту). Відповідно до [2] Інжиніринг — набір прийомів та методів, які компанія, підприємство, фірма використовують для проектування своєї діяльності. Інжинірингові послуги частіше за все надають спеціалізовані інженерно-консультаційні (інжинірингові) фірми. Американська Рада інженерів з професійного розвитку (ECPD) визначає інжиніринг як: "творче застосування наукових принципів до проектування і розробки будівель і споруд, машин, апаратів, виробничих процесів та методів їх використання окремо або в комбінації; до будівництва та експлуатації, прогнозів поведінки всього цього в специфічних умовах експлуатації все це з урахуванням функціонального призначення, економічності операцій і безпеки для життя та майна" [3].

З викладених визначень бачимо що інжинірингова компанія це спеціалізована організація яка надає послуги з проектування, будівництва, монтажу обладнання та подальшої експлуатація та обслуговування. Такі компанії, поєднують в собі інженерно-технічну експертизу з високим рівнем організаційних навичок. Управління бізнес-процесами в таких компаніях вимагає не лише здатності до розробки ефективних стратегій та технологій, але й глибокого розуміння технічних та інженерних аспектів проектів.

Управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях має свої особливості через специфіку їх діяльності. Одна з особливостей інжинірингових компаній полягає в неможливості бути вузькоспеціалізованою та займатися лише одним направленням [4]. Це пов'язане з тим, що для успішного виконання проектів необхідна співпраця та узгодження всіх етапів проекту, від розробки завдання на проектування до введення в експлуатацію. Управління цими відносинами та координація дій важлива для успішного виконання проектів.

У роботі [5] автор визначає ряд проблем які заважають розвитку ринку інжинірингових послуг в Україні, зокрема: дефіцит кваліфікованих кадрів, неякісне виконання робіт, застаріла нормативна база, недосконала система визначення вартості проектних робіт, відсутність стимулювання провадження інноваційної діяльності, застаріла система ліцензування. Важливою особливістю ж необхідність наявності системи контролю якості. Якість продукту або рішення є критичним фактором у інжиніринговій діяльності. Управління бізнес-процесами включає в себе систему контролю якості, яка забезпечує відповідність вимогам та стандартам якості [6].

Також, вважаємо що необхідно відмітити таку особливість як проектно-орієнтована діяльність: більшість інжинірингових компаній працюють над проектами, що означає, що кожен проект може мати власні унікальні бізнес-процеси. Кожен проект у таких компаніях вимагає індивідуального підходу, оскільки він може мати власні вимоги, обмеження та ризики. Управління проектними бізнес-процесами вимагає гнучкості, адаптивності та здатності швидко реагувати на зміни у процесі реалізації проекту.

Висновок. Управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях має свої власні особливості, врахування яких є важливим для досягнення успішних результатів у виконанні проектів та забезпечення конкурентоспроможності компаній на ринку. Успішне управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях вимагає ретельного аналізу, глибокого розуміння специфіки їхньої діяльності та використання сучасних методів та інструментів управління.

Список використаних джерел

1. Новицький, В. Є. Міжнародна економічна діяльність України: підручник. К.: КНЕУ, 2003, 948: 342-349.
2. Білецький В. С. Мала гірнича енциклопедія. Т. 1. 2004.
3. Тугай, О. А.; Власенко, Т. В. Загальні основи інжинірингової діяльності та її сучасний стан в Україні. Нові технології в будівництві, 2018, 34: 15-20. URL: http://ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2018/34_2018/5.pdf
4. Гуренко А. В., Гуренко С. А. Аналіз проблем управління бізнес-процесами інжинірингових компаній при реалізації інвестиційних проектів. URL: <https://journals.urau.net/article/download/207243/209883>
5. Кравченко О.О. (2019) Особливості управління на ринку інжинірингових послуг в Україні. International science journal "Internauka", no. 2. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2019/2/4698>
6. Траченко, Людмила Анатоліївна. "Особливості та переваги застосування процесного підходу в системах управління якістю підприємств сфери інжинірингових послуг." Формування сучасної наукової думки (2020): 44. URL: https://rep.ksma.ks.ua/bitstream/123456789/1516/1/Kravtsova_operational_calculations.pdf

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТАМИ В РОЗПОДІЛЕНИХ ІТ-ПРОЕКТАХ

Торба Т.В.¹, Федотова Н.О.²

¹Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна
²ЗВО «Університет економіки та права «КРОК»², Київ, Україна

Анотація. У роботі автори розкривають сім типів токсичних співробітників, що можуть існувати в колективі під час виконання розподілених ІТ-проектів, а також пропонують способи і методи профілактики робочих відносин. Відмічається, що токсична поведінка у співробітників може виявитися як перешкода у досягненні успіху проекту, оскільки вона породжує конфлікти та знижує продуктивність команди. Обґрунтовано, що керівнику проекту необхідно бути особливо уважним до цього явища, оскільки воно може суттєво вплинути на результати та ефективність команди. Контроль та підтримка здійснюється за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій, які використовуються для керування такими ситуаціями.

Ключові слова: креативне управління конфліктами, розподілені ІТ-проекти, токсичні співробітники, проекти, керівник проекту, інформаційно-комунікаційні технології.

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR CONFLICT MANAGEMENT IN DISTRIBUTED IT-PROJECTS

Torba T.¹, Fedotova N.²

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
²KROK University, Kyiv, Ukraine²

Abstract. The author's work reveals seven types of toxic employees that can exist in a team during the implementation of distributed IT projects, and also offers ways and methods of preventing working relationships. It is noted that the toxic behavior of employees can appear as an obstacle to the success of the project, after which it creates conflicts and reduces the productivity of the team. It is justified that the project manager needs to be especially important to this phenomenon, after which it can significantly affect the result and efficiency of the team. Control and support of creation with the help of information and communication technologies used to manage such situations.

Keywords: creative conflict management, distributed IT-projects, toxic employees, projects, project manager, information and communication technologies.

Вступ. Війна є надзвичайно напруженим періодом, який може спонукати людей до різних форм токсичної поведінки, і головною задачею менеджера проекту є вчасне

реагування на розповсюдження токсичної поведінки та виникнення конфлікту. У контексті розподілених ІТ-проектів, де комунікація відбувається через електронні канали, відсутність безпосереднього контакту може компенсуватися сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ).

Мета роботи. Описати основні типи токсичної поведінки та їх різновиди; визначити характеристики «токсичних» людей. Зазначити ІКТ, за допомогою яких буде визначено конфлікти та винайдено способи управління ними.

Основна частина. Перш за все, важливо зазначити, що токсична поведінка може приймати різні форми, такі як агресія, маніпуляція, конфліктність, негативність тощо. Токсичні стосунки є різновидом людських взаємин [1] і є достатньо вагомою складовою нашого сьогодення [2].

Людину, яка постійно скаржиться, дуже легко знайти, тому що вона постійно і завжди незадоволена. За допомогою спеціалізованих програм аналізу комунікацій - аналіз електронної пошти, чат-повідомлень та інших форм спілкування - можливо виявити зони напруги та згенерувати основні методи вирішення ситуації, як, наприклад, при спілкуванні змінювати тему розмови. Також програмний додаток може генерувати гіпотези недоліків, які необхідно виправити менеджеру проекту, базуючись на проведеному аналізі [3].

Ще один тип токсичної поведінки - розповсюдження пліток. Людина може поширювати неправдиві факти про своїх колег, часто прикрашаючи деталі. Основним підходом в роботі з таким типом відносин є висвітлення правди в голос чи висловлювання сумніву з приводу почутої новини. Використання інструментів аналізу емоційного стану в тексті (сентимент-аналіз) може допомогти виявити та реагувати на вищезазначені прояви, що можуть призвести до конфліктів.

Щодо скептичного підходу в токсичних відносинах, то його використовують в двох напрямках. Перший підхід спирається на загальну незгоду із запропонованими ідеями в команді, при цьому, не маючи доказів, тільки емоції та власний досвід. Інший напрямок - це висловлювання сумнівів, які, нібито, повинні захистити команду від негативної ситуації, що може відбутися в майбутньому, навіть якщо ця ситуація є гарною можливістю для команди. Для спрощення взаємодії в таких випадках використовуються електронні засоби медіації та конфлікт-резольуції, які допоможуть знизити негативний прояв особистості на різних етапах.

Газлайтинг – це форма психологічного насилля, коли аб'юзер намагається переконати жертву в тому, що вона поводить себе неправильно, змушує сумніватися у своїх діях [4]. Керівнику проекту необхідно сприяти зміцненню соціальних зв'язків за допомогою внутрішніх блогів та форумів, спільних онлайн-ігор та внутрішніх соціальних мереж.

Викрадач може зробити так, щоб командні виграші чи здобутки інших членів команди здавалися його власними під час розмови з високопоставленими людьми, відкрито чи за закритими дверима. Онлайн-платформи для взаємодії та співпраці підвищують видимість кожного члена команди та візуалізують внесок кожного в загальну справу.

Перемовник – це член команди, який ніби висмоктує весь кисень із кімнати, весь час розмовляючи, залишаючи мало місця для інших, що перешкоджає продуктивності та згуртованості команди, особливо тієї, яка працює віддалено. За допомогою графіків та обмеження часу на зустрічі зменшиться можливість домінування одного члена команди над іншими. Використання онлайн-опитувань або анонімних форм збору фідбеку може допомогти виявити проблемних учасників та недоліки комунікації без прямого конфронтаційного спілкування.

Параноїдальний виконавець - це людина, яка завжди відчуває себе в небезпеці та вважає, що його звільнили або з ним станеться щось приkre. Використання систем управління проектами з можливістю відстеження завдань та прогресу сприяє уникненню конфліктів, пов'язаних з недоуспішним виконанням завдань або недопущенням до відповідальності.

Висновки. Токсичні співробітники можуть стати серйозною перешкодою для успішного виконання розподілених ІТ-проектів. Їхня негативна поведінка може

породжувати конфлікти, знижувати продуктивність та загрожувати успішному завершенню проекту. Використання різноманітних сучасних ІКТ у керуванні конфліктами в розподілених ІТ-проектах грає ключову роль в запобіганні та вирішенні конфліктів, усуваючи людський фактор з групи ризику.

Список використаних джерел

1. Шавровська Н., Смалиус Л. Токсичні стосунки як психологічний феномен URL: <https://doi.org/10.30970/PS.2021.11.28>
2. Квітка Т., Сагайдак О. Як розпізнати токсичні стосунки. URL: <https://www.the-village.com.ua/village/knowledge/simple-words/282453-otruta-dlya-psihiki-chomu-stosunkistayut-toksichnim>
3. Вест Т. Придурки на роботі. Токсичні колеги і що з ними робити, КСД, 2022, 224 с.
4. Оверчук В. А. Газлайтинг як прояв психологічного насилля Керівника щодо підлеглих у професійному середовищі.

MEASUREMENTS OF CONTENT IN AREA OF SOFT METROLOGY BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Bubela T., Yatsyshyn S., Skoropad P., Kuts V.
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. The aim of investigation is to analyze the possibility of artificial intelligence (AI) to help overcome the number of obstacles and improve the quality of teaching and the achievement of the final result by measuring the content of the lecture material on the one hand and by measuring its digestibility on the other hand. Simultaneously, metrology is involved in collection and processing of information being the foundation stone of cyber-physical systems as the base of Industry 4.0. Here, Metrology 4.0 is continuously developed mainly in multifactorial measurements with quality and risk assessments of products and services. So, the role of measurement technologies is permanently growing and AI implementation becomes necessary which is studied in current issue.

Keywords: Soft metrology, expert assessment, artificial intelligence, content measurement.

Introduction. Artificial intelligence is revolutionizing content measurement by automating and simplifying the process of data analysis and interpretation, which is especially important for the operation of objects of critical infrastructure. One way to revolutionize content measurement is through the use of machine learning algorithms. These algorithms can analyze vast amounts of data to discover patterns and trends that would be impossible for humans to identify on their own. That is, in contrast to the traditional use of AI in purely linguistic (texts description) or economic (to promote the company's products) categories, here we are entering the field of education – first of all, training teachers with material for teaching and later training students with material for perception, assessment of the level of their assimilation of the material and finally to the analysis of the results of assimilation and changing the emphasis and concepts of teaching. Here you can rely on ChartGpt or Jasper AI [1-5].

The purpose of the work. The current issue studies peculiarities of the artificial intelligence implementation for quality assessment of production and services.

Formulation of the problem. Application of artificial intelligence substantially depends of pre-accepted as working algorithms of research, i.e. from the preliminary expert assessment of the state and methodology of the approach to the task and its solution. Dissimilar studies try to consider particular approaches basing on specific algorithms as well as different kinds of AI. Let's consider them based on various tasks of scientific-applied and educational-methodical plans.

Solving the problem. There are several different types of AI used to measure content, each with its own strengths and advantages. One type of AI used to measure content is machine learning. It is AI-subset that involves training algorithms to examine data and make predictions based on that data. In content measurement, machine learning algorithms can be used to analyze vast amounts of data to identify patterns and trends. Here, follows the next IT problem - it is the problem of obtaining reliable data from sensors, that is, the problem of the lower levels of the Cyber-Physical Systems, which provide input reliable information to the higher layers, which already process it.

A) For example, the course "Fundamentals of thermometry" involves the study of non-contact means such as an IR thermometer. This is a quality-type device, the readings of which depend on a significant number of factors, often not controlled and not measured. Among them are such factors as the blackness coefficient of the measured surface, which is unknown a priori, the temperature distribution over the area of the controlled surface, and the physical parameters of the surface itself. The involvement of AI for the analysis of data sets can have a tangible and visible effect [6].

B) The subject "Qualimetry" seems to be the most promising, which is based on the study of special approaches to the assessment of quality parameters [7, 8], with the aim of characterizing

objects (goods, services, etc.). It is precisely by this founding provision we become closer to involving AI in measuring the content of information.

The research subject of soft metrology [9] belongs to the field of interdisciplinary science aimed at supporting the development of new methods and research methods for measuring complex phenomena that depend on human perception and/or interpretation. This includes, for example, measurements relating to the perception of attributes of products and services, such as quality or desirability, or the quantification of social parameters, such as safety and well-being, etc.

C) Neural networks can be considered another slightly different field of involvement of AI. Students and teachers need to update knowledge and skills to stay abreast of the technological trends. Game methods have gained popularity in the field of education due to their high efficiency and ability to encourage active participation. Use of visualized simulations of light interference phenomena can significantly facilitate the process of assimilation of complex concepts and laws. Instead of reading texts, students can observe actions in real time, conduct experiments, and gain first-hand experience that contributes to a deeper understanding of the interferometry [10]. On the basis of a program Duolingo for learning English [8], a program for interferometric metrology has been developed.

D) Biometrics. The last is a technology for access control in different fields, from smartphones and automotive, to healthcare, e-commerce, security and military. The idea of the study is to check whether ECG signal is sustainable as a biometrics marker. Trick commonly used in machine learning help to improve classification performance [11].

Conclusion. To reach progress in the most complicated areas of research and education as well as production, an artificial intelligence seems to be indispensable. AI implementation is necessary for quality assessment of production and services since measuring the content needs the development of soft metrology with its permanently improved algorithm which is based on preliminary expert assessment of the problem and methodology of the approach to solving the task.

Acknowledgments. This paper is supported by the National Research Foundation of Ukraine, project number 2022.01/0009 “Assessing and forecasting threats to the reconstruction and sustainable operation of objects of critical infrastructure” from the contest “Science for reconstruction of Ukraine in the war and post war periods.

References

1. Montagnier, P. and I. Ek. (2021). AI measurement in ICT usage surveys: A review, OECD Digital Economy Papers, No. 308, OECD Publishing, Paris, URL: <https://doi.org/10.1787/72cce754-en>
2. Bagdasarian I., Competence of AI: Measuring and Management. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-47945-9>
3. Nazaretsky T., Cukurova M., Alexandron G. (2022). An instrument for measuring teachers' trust in AI-based educational technology. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3506860.3506866>
4. Lai YC, Kao CC, Jhan JD, Kuo FH. (2020). Quality of service measurement and prediction through AI technology, 2020 IEEE Eurasia ..., ieeexplore.ieee.org
5. Cabitza F., Campagner A., Angius R., Natali C. (2023). AI shall have no dominion: on how to measure technology dominance in AI-supported human decision-making, Proceedings of the ..., dl.acm.org
6. Motalo V., Chereshevskaya A., Savitska Yu. (2020). Soft (Perceptual) Metrology: Dissemination of Information-Measuring Technologies in the Area “Measuring the Impossible”, Measuring Equipment and Metrology, Vol. 81, No.1, pp. 39-44. URL: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2020.01.039>
7. Trishch, R., Nechuviter, O., Hrinchenko, H., Bubela T. et al. (2023). Assessment of safety risks using qualimetric methods. MM Science Journal. 2023(10), pp. 6668–6674. DOI: 10.17973/MMSJ.2023_10_2023021
8. Kupriyanov A., Trishch R., et al. (2023). General Approach for Tolerance Control in Quality Assessment for Technology Quality Analysis. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 330–339. DOI: 10.1007/978-3-031-16651-8_31
9. Lysa O., Midyk I.-M., Midyk A.-V., ...Yatsyshyn S., Mikhalyuk N. (2023). Virtual Means of Cyber-physical Production Systems. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies. DOI: 10.1109/CSIT61576.2023.10324226

10. Yatsyshyn S., Nazarkevych I. (2023). Learning Interferometric Equipment through Integration of Game Methods into Mobile Application, Energy Engineering and Control Systems. Vol. 9, Number 2, pp.131 – 135. URL: <https://doi.org/10.23939/jeeecs2023.02.131>
11. Stadnyk B., Yatsyshyn S., Khoma Yu., Kochan O. (2021). Metrology 4.0 for Health-Care and Human Being Identification, Part 5, In Cyber-Physical Systems and Metrology 4.0, IFSA Publishing. URL: https://www.sensorsportal.com/HTML/BOOKSTORE/Cyber-physical_systems_and_Metrology_4_0.pdf

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR OBJECT RECOGNITION USING NEURAL NETWORK ENSEMBLES

Krasnoshlyk N., Serdiuk O., Abakumov S.

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The aim of investigation is to analyze a method of improving the efficiency of image classification systems by combining convolutional neural networks with different architectures in an ensemble of neural networks. For testing, the Cifar100 dataset was used, and to speed up the development process, the models were not trained from scratch but used as feature vector extractors, i.e., one of the so-called Transfer Learning types was applied, namely, Feature extraction.

Keywords: Artificial Intelligence, Deep Learning, Machine Learning, Convolutional Neural Network, Transfer Learning, Feature extraction.

Introduction. The object recognition task is quite relevant, and in fact, one of the most common in machine learning. In practice, the problem looks like this: there is a certain set of images that are distributed into known classes according to some features, for example, the class of cats, the class of dogs, etc.; there is also another set of images whose belonging to a certain class is unknown to us, so we need an algorithm that will determine which class a particular image belongs to. Problems of this kind are called discrete analysis problems in mathematical statistics. Quite often, image classification tasks are called pattern recognition tasks.

When machine learning is used to solve this type of problem, artificial neural network methods are usually applied. In classification tasks, the supervised learning approach is most often used.

When using the supervised learning approach to train a neural network for image classification, it is assumed that for each object that is passed to the neural network for training, there is a correct output that this network should produce. That is, the training data is a set of object-correct answer pairs, or, in other words, the input and corresponding output vectors (image and class number to which it belongs).

However, for many image classification tasks, simply using artificial neural networks is not enough, and researchers are looking for ways to improve the quality of classification. One of these ways is to combine several neural networks into an ensemble and then use it for classification.

This work investigates the possibility of improving classification results by using ensembles of neural networks.

The purpose of the work. The study aims to analyze the impact of using ensemble methods on the quality of image recognition and classification using artificial neural networks.

Formulation of the problem. To conduct the study, it is necessary to choose 3 architectures of artificial neural networks and ways to combine them into an ensemble of neural networks. For each of the options, it is necessary to implement test programs and analyze the quality of image recognition and classification from the selected image set. Compare the results and draw conclusions.

Solving the problem. In total, the work resulted in 6 algorithms for assessing whether an image belongs to one of 100 classes, according to the Cifar100 dataset. The following algorithms were used in the development process:

1. Classifier based on the MobileNetV3Large neural network.
2. Classifier based on the InceptionV3 neural network.
3. Classifier based on the ResNet50V2 neural network.
4. Classifier based on an ensemble of neural networks created by the bagging method using ResNet50V2 feature vectors.
5. Classifier based on an ensemble of neural networks created by stacking, using the outputs from the first three classifiers as inputs, using simple averaging instead of a meta-algorithm.
6. Classifier based on an ensemble of neural networks created by stacking, using the outputs from the first three classifiers as inputs to a meta-algorithm based on a fully connected neural network.

The first version of the classifier is the one obtained by saving the weighting coefficients at the time of the last epoch of neural network training. Among simple individual classifiers, the first variant of the weights, for the considered image classification task, the best results are demonstrated by the classifier trained on the feature vectors obtained from the extractor based on ResNet50V2.

The second version of the weights was obtained by saving the state of the classifier that showed the lowest Loss value on the validation part (5000 samples). Among the other options for weights of simple individual classifiers, the classifier trained on the feature vectors obtained from the MobileNetV3Large-based extractor performs best in this task.

The third version of the scales was obtained by saving the state of the classifier that showed the highest accuracy value on the validation part (5000 samples). Among the simple individual classifiers, the classifier trained on the feature vectors obtained from the ResNet50V2-based extractor is again the best performer in this task. Based on these results, we can draw a general conclusion that under our conditions, when it is necessary to use a certain model as a feature vector extractor for classifying images of very small size, 32x32px, which are scaled to the corresponding input for each model, the best performing feature vector extractor is ResNet50V2 with an input dimension of 224x224, and the worst performing is InceptionV3 with a dimension of 299x299.

Using different methods based on bagging [1] and stacking [2], 3 variants of neural network ensembles [3] were obtained:

1. An ensemble built on the basis of the bagging method, which used extractors based on ResNet50V2 feature vectors.
2. An ensemble built by the stacking method, in which the meta-algorithm is a simple averaging of responses from classifiers of individual models based on MobileNetV3Large, InceptionV3, and ResNet50V2.
3. An ensemble built by the stacking method, in which a simple fully connected neural network acts as a meta-algorithm, which also accepts the responses of classifiers of individual models based on MobileNetV3Large, InceptionV3, and ResNet50V2 as input.

Analyzing the final results, a number of conclusions were drawn.

Conclusion. The main results of this investigation are as follows.

We trained and developed 6 systems for image classification using various methods from the Cifar100 dataset, which can make it possible to draw a truly reliable conclusion about the image's belonging to a particular class of this dataset.

The efficiency of the obtained ensembles was evaluated in comparison with individual neural networks. As a result, it was found that the stacking method for creating ensembles of neural networks proved to be the best in the chosen task. Its result was 93.14% and 93.34%, respectively, for the averaging and neural network taken as meta-algorithms on the full dataset (60,000 samples). For comparison, the worst result was demonstrated by a separate InceptionV3 model - 85.81%, followed by: 1) the bagging method for creating ensembles of neural networks - 88.11%; 2) a separate model MobileNetV3Large - 89.28%; 3) a separate model ResNet50V2 - 90.74%, on the same full dataset of 60,000 samples. It is highly likely that in most similar classification tasks, and not only stacking, the stacking method will demonstrate similarly high results.

Based on these systems, a software product was developed that allows for a fairly efficient classification of images according to the cifar100 dataset.

References

1. Breiman, L.: Bagging predictors. *Machine Learning*, 24, 123-140. (1996).
2. Wolpert, D. H.: Stacked Generalization. *Neural Networks*, 5, 241-259 (1992).
3. Hands-On Ensemble Learning with Python: Build Highly Optimized Ensemble Machine Learning Models Using Scikit-Learn and Keras, Kyriakides, G., Margaritis, K.G., Published 2019, ISBN: 9781789612851.

AUTOMATING LITERATURE SCREENING WITH LARGE LANGUAGE MODELS

Semerikov S. O.^{1,2,3,4,5}, Mintii I. S.^{3,1,6,2,5}

¹ Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

² Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

³ Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴ Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

⁵ Academy of Cognitive and Natural Sciences, Kryvyi Rih, Ukraine

⁶ Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. Screening research papers for inclusion in a literature review is a time-consuming manual process. We explore automating this process using OpenAI's GPT-3.5 Turbo large language model (LLM). Given text prompts specifying the inclusion/exclusion criteria, the LLM evaluated the abstract of each paper. It is classified into one of four categories: meeting both criteria, violating the first criteria, violating the second criteria, or violating both criteria. Our Python code interfaced with the OpenAI API to pass paper abstracts as prompts to the LLM. For 347 papers, the LLM flagged 173 as meeting the criteria, with 3 additional papers included after accounting for missing abstracts, yielding 176 papers selected for full-text retrieval. A manual review of a sample suggested reasonable accuracy. While further validation is needed, this demonstrates LLMs' potential for accelerating systematic literature reviews.

Keywords: large language models, GPT-3, literature review, automation, screening, inclusion criteria.

Introduction. Conducting a systematic literature review involves screening many research papers to identify those meeting specified inclusion criteria. This manual process is extremely time-consuming and labour-intensive [1]. Recent advances in large language models (LLMs) have demonstrated their capability to understand and reason about natural language [2]. We explore leveraging OpenAI's GPT-3.5 Turbo LLM to automate literature screening based on predefined inclusion/exclusion criteria.

The goal of the work is to explore methods for automating key stages of the systematic literature review process using advanced natural language processing capabilities. Conducting a comprehensive systematic review involves many laborious and time-intensive steps, including:

1. Defining the review scope and inclusion/exclusion criteria.
2. Searching academic databases to identify potentially relevant studies.
3. Screening the titles, abstracts, and full texts to determine which studies meet the criteria.
4. Extracting data from the included studies.
5. Synthesising and analysing the extracted information.

Each of these steps is currently performed primarily through manual human effort. Our work uses recent advances in LLMs and other AI/NLP techniques to automatically or semi-automatically perform as many steps as possible. This can drastically reduce the researcher's time and effort for systematic reviews.

Formulation of the problem. The specific problem we tackle in this paper is automating the screening stage (step 3 above) by using an LLM to evaluate study abstracts against predefined

inclusion/exclusion criteria. This screening stage is a critical bottleneck, requiring reviewing thousands of abstracts individually.

Formally, given:

- A database of N research papers/studies represented by their abstracts $\{A_1, A_2, \dots, A_N\}$
- Inclusion criteria C_1, C_2, \dots, C_m
- Exclusion criteria E_1, E_2, \dots, E_n

We want a model M that can take each abstract A_i and criteria $\{C_1 \dots C_m, E_1 \dots E_n\}$ as input and output a label L_i indicating if the study meets the criteria or not:

$$M(A_i, \{C_1 \dots C_m, E_1 \dots E_n\}) = L_i,$$

where L_i can take on one of k values:

- Meets all inclusion criteria and no exclusion criteria
- Violates inclusion criteria C_j
- Violates exclusion criteria E_k
- Violates some inclusion and exclusion criteria

We hypothesise that large language models pre-trained on vast text corpora can effectively perform this classification by understanding the semantic meaning of the abstracts and criteria.

Solving the problem. We implemented a Python script using the OpenAI API to interface with the GPT-3.5 Turbo LLM. The script reads a set of 347 papers with their abstracts, paper IDs, and the two inclusion criteria:

C_1 : Publication focuses on teacher training or professional development in AI-powered personalized learning

C_2 : Population is students in teacher training programs or teachers

For each paper, the abstract text was provided as a prompt to the LLM along with instructions to analyze whether the criteria were met, violated, or if there was not enough information. The LLM response classified each paper into one of four categories: meeting both criteria (“1 1”), violating criteria C_1 (“0 1”), violating criteria C_2 (“1 0”), or violating both criteria (“0 0”).

The LLM classified 173 out of 347 papers as meeting both inclusion criteria. Additionally, 3 papers were incorrectly identified as excluded due to the absence of abstracts in the data source, for a total of 176 papers selected for full-text retrieval after accounting for this error (table 1).

Table 1

Results of screening using LLM

Screening results	Number of papers
Excluded by violation of criteria C_1	44
Excluded by violation of criteria C_2	109
Excluded by violation of both criteria	21
Included	176

We manually reviewed a random sample of 50 papers across all four categories to evaluate the accuracy. For papers meeting the criteria, the accuracy was 84%. More false negatives (16%) were observed than false positives (4%).

Conclusions. Several limitations of this study should be noted. First, the criteria statements were relatively simple semantic criteria about the research focus and population. More complex criteria involving research design, intervention details, statistical analyses, etc., may challenge the current LLM capabilities. However, performance could be improved through prompt engineering or finetuning the model on systematic review data. Additionally, we did not extensively evaluate the LLM’s performance across different research domains. The model was given the inclusion/exclusion criteria as prompts without domain-specific training. Customising or finetuning the LLM for each research field may boost effectiveness. Despite these limitations, this proof-of-concept study highlights the immense potential of leveraging advanced AI language models to accelerate evidence synthesis work. As language models advance rapidly, they will likely play an increasingly prominent role in streamlining systematic reviews and other critical research activities.

Promising directions include using LLMs for other systematic review stages like full-text screening, data extraction from studies, analysing the risk of bias and even intelligently synthesising

findings across studies. Exploring how LLMs can semi-automate the systematic review process in a robust, validated pipeline is an exciting area for future research with profound implications for accelerating scientific discovery and evidence-based decision-making.

References

1. Mintii, M.M., 2023. Exploring the landscape of STEM education and personnel training: a comprehensive systematic review. *Educational Dimension*, 9, pp.149–172. Available from: <https://doi.org/10.31812/ed.583>
2. Hamaniuk, V.A., 2021. The potential of Large Language Models in language education. *Educational Dimension*, 5, pp.208–210. Available from: <https://doi.org/10.31812/ed.650>

CONSOLE APPLICATION DEVELOPMENT FOR ARTICLES' HIGHLIGHTS GENERATION BASED ON AI DESIGNED USING AUTONOMOUS LLM

Tsypliak O., Artemchuk V.

G.E. Pukhov Institute for Modeling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. The aim of investigation is to analyze modern autonomous open source LLMs and design application that would automate by paragraph text highlights generation for scientific articles. The objective of the study is to design and implement console application that will help its potential users to speed up references analysis. The object is open source LLMs suitable for the task mentioned above. The subject is the design of the application. The study used specific requirements for highlights generation based on Whiteside's method [1] and autonomous AI systems design methods. The research is a qualitative research method to determine the best way and LLM to generate highlights for scientific articles individual paragraphs.

Keywords: LLM, AI, automation, meta-analysis

Introduction. Some research topics are getting too popular for classic scientific overview creation, good example is broad topic of artificial intelligence [2]. The scientist has to analyze each source individually which takes a lot of time regardless used techniques [1]. Modern large-scale language models, such as GPT-4, according to recent publications, show impressive results in the context of generating text and materials for publications [3]. But publicly available systems such as GPT-4 brings multiple limitations to its usage so getting similar result using autonomous open source LLM without need of access to global network is a relevant problem to solve.

The purpose of the work. Implement the console application that will generate highlights for individual paragraphs of parsed article to easy its initial analysis by scientist who can potentially use it as reference.

Formulation of the problem. Writing a high-quality scientific article involves analyzing the key ideas of publications that are relevant to the research topic. But some topics, due to a combination of economic and social factors, are of particular interest to scholars, leading to a large number of publications that are difficult to analyze using standard methods.

The stage of work that takes the most time is the actual analysis of individual paragraphs of the article, the way of summarizing each individual paragraph in such a way as to describe the essence, omitting details that are not important in the context of the study.

Solving the problem. Build an autonomous system in the format of a console application that would use only a researcher's low-powered personal computer to parse articles for generation of text highlights of each individual paragraph of the article to analyze.

According to recent studies, autonomous language models of the LLAMA architecture show some of the best results in the field of text analysis. [4]. Different latest publicly available version of such models, can be used to solve the problem and find optimal compromise between accuracy and the required CPU, RAM, and storage device resources on end user side.

The prototype of such application was developed, which allows us to perform the described analysis. It is worth noting that an outdated HP EliteBook 840 G3[5] was used for the launch, at the limit of its technical limitations in the context of available CPU, RAM, and SSD storage. Even this was enough for successful run that generated highlights for 2 pages of selected paragraphs in 3 minutes.

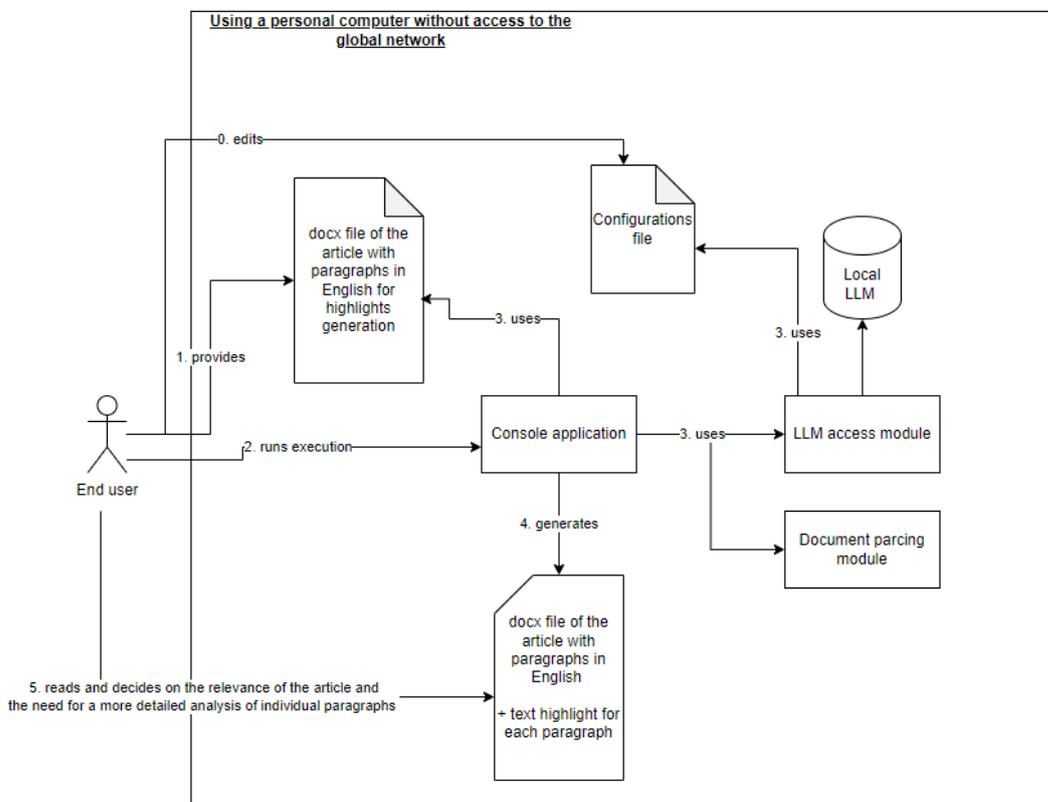


Fig. 1. Simplified architecture of the developed prototype

Conclusion. The automation of generating summaries of selected articles paragraphs is relevant problem in the preparation of scientific publications on popular topics, as it can speed up the process of filtering relevant articles by a reviewer.

The developed prototype clearly demonstrated the prospects of using autonomous LLM models to develop appropriate systems that can significantly help researchers in filtering materials. Further investigation and development can be helpful in mentioned problem resolution.

References

1. Whitesides, G. M. (2004). Whitesides' Group: Writing a Paper. In *Advanced Materials* (Vol. 16, Issue 15, pp. 1375–1377). Wiley. <https://doi.org/10.1002/adma.200400767>
2. Scopus AI articles search <https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&sid=f91ca5686f01183165f2ef438260ea07&sot=b&sdt=b&sl=17&s=TITLE-ABS-KEY%28AI%29&origin=savedSearchNewOnly&txGid=c03dbb0e42581eb2e0b8bebfc7782a81&sessionSearchId=f91ca5686f01183165f2ef438260ea07&limit=10>
3. Elbadawi, M., Li, H., Basit, A. W., & Gaisford, S. (2024). The role of artificial intelligence in generating original scientific research. In *International Journal of Pharmaceutics* (Vol. 652, p. 123741). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.123741>
4. Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., Martinet, X., Lachaux, M.-A., Lacroix, T., Rozière, B., Goyal, N., Hambro, E., Azhar, F., Rodriguez, A., Joulin, A., Grave, E., & Lample, G. (2023). LLaMA: Open and Efficient Foundation Language Models (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2302.13971>
5. Specification HP EliteBook 840 G3 <https://support.hp.com/sk-en/document/c05259054>

ПРО ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПЛАТФОРМИ ANDROID

Бурдаєв В.П.

Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Анотація. У роботі розглядається кілька особливостей розробки інтелектуальних систем для платформи Android. Аналізується різниця між розробкою інтелектуальних систем для платформи Android та для чат-ботів Телеграм. Для платформи Android розроблені додатки, які доступні в Google Play: для медичної предметної області ES_RFCHD, ES_MI, ES_DBT, ES_HEPATITIS, а також для інформаційних технологій ES_IT.

Ключові слова: інтелектуальні системи, логічний висновок, чат-боти Телеграм, мобільний додаток, платформа Android.

ABOUT THE FEATURES OF DEVELOPING INTELLIGENT SYSTEMS FOR THE ANDROID PLATFORM

Burdaev V.

Institute of Computer Sciences and Information Technologies of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

Abstract. The work considers several features of the development of intelligent systems for the Android platform. The difference between the development of intelligent systems for the Android platform and for Telegram chatbots is analyzed. Apps have been developed for the Android platform and are available on Google Play: for the medical subject area ES_RFCHD, ES_MI, ES_DBT, ES_HEPATITIS, as well as for information technology ES_IT.

Keywords: intelligent systems, logical inference, Telegram chatbots, mobile application, Android platform.

Вступ. Інтелектуальні або експертні системи є одними з перших успіхів застосування штучного інтелекту [1]. При моделюванні складних систем із великою кількістю атрибутів бази знань використовуються так звані інтелектуальні системи баз правил переконань. Вони призначені для того, щоб допомогти користувачеві приймати рішення у неформальних доменах. Основними модулями таких систем є база знань та механізм висновку, що дає переваги перед нейронними мережами, оскільки дозволяє отримати обґрунтування та аргументацію прийнятого рішення механізмом висновку. Традиційними засобами реалізації механізму висновку є зворотні, прямі, змішані, байєсовські ланцюжки міркувань та структури переконань. Через асинхронний характер операційного середовища Android алгоритм механізму висновку інтелектуального мобільного додатку в основному використовує прямі та байєсовські ланцюжки міркувань.

Мета роботи – аналіз розробки інтелектуальних систем для платформи Android та для чат ботів на базі API Telegram.

Постановка проблеми. Чат-бот можна розглядати як QA-систему з елементами машинного навчання, а саме з функціями розбору природної мови, машинного логічного висновку та з модулем зв'язку із зовнішніми додатками. Актуальною проблемою для чат-ботів QA-систем є створення машини логічного висновку, що визначає релевантність знань до заданого питання.

Враховуючи сучасні тенденції, розробка мобільних додатків, що виконують функції інтелектуальних систем, є актуальною проблемою. Існує постійна необхідність адаптувати додатки для використання на мобільних пристроях.

Виклад основного матеріалу. Одним із можливих рішень проблеми логічного висновку чат-ботів є інтегрування цих чат-ботів з механізмом висновку системи Karkas [2]. Інтегрування полягає в обміні інформацією між ними без участі користувача, а також

передачею та прийомом запитів для роботи з серверами Telegram з використанням Telegram API та JSON із безпечного протоколу HTTPS. Чат-бот використовує концепцію розширення бази знань та фільтрацію бази знань для отримання результату консультації з користувачем.

За допомогою системи Karkas були розроблені бази знань для чат-ботів: @ribs_karkas_bot, @es_test_karkas_bot, @es_economy_karkas_bot, @es_info_tech_karkas_bot.

Для створення мобільних експертних систем використовуються різні фреймворки (оболонки): Flutter, Ionic, React Native, Android Native, Xamarin та інші.

Оболонка для створення баз знань Karkas створена з використанням кросплатформового фреймворку FireMonkey (FMX) від компанії Embarcadero. Фреймворк є частиною середовища розробки RAD Studio і призначений для створення інтерфейсів користувача. Фреймворк дозволяє використовувати не лише векторну графіку, а й нативні можливості мобільних пристроїв. Крім того, є ще одна чудова особливість фреймворку, яка полягає в тому, що код додатку може бути скомпільований у нативний код для запуску на різних платформах: Windows, Android та iOS. Таким чином, використовуючи фреймворк FMX, можна швидко створювати прототипи мобільних додатків для різних мобільних пристроїв.

Для платформи Android розроблені додатки, які доступні в Google Play: для медичної предметної області ES_RFCHD, ES_MI, ES_DBT, ES_HEPATITIS, а також для інформаційних технологій ES_IT [3].

Однією з головних переваг мобільних додатків у роботі з клієнтами є те, що співрозмовники можуть вільно ставити питання, які вони не стали б ставити представнику служби підтримки клієнтів або менеджеру компанії.

Перша особливість розробки інтелектуальних систем для платформи Android полягає в тому, що асинхронність операційного середовища Android визначає розбиття бази знань на шари (фактори). Для досягнення заданого корисного результату використовується цільова функція, яка дозволяє визначити мету консультації для інтелектуальної системи. На відміну від розробки чат-ботів для мобільних програм не використовується оболонка Каркас і її механізм висновку. Механізм висновку інтелектуальної системи ґрунтується на використанні цільової функції.

Друга особливість полягає у затримці часу пред'явлення питань під час діалогів з користувачем при використанні фреймворку FireMonkey.

Третя особливість полягає в тому, що формування бази знань для платформи Android потрібно проводити окремо від самої платформи Android. Це треба робити за допомогою фреймворків, оболонок. Наприклад, можна використовувати оболонку Каркас для створення баз знань.

Висновки. За допомогою системи Karkas були розроблені бази знань для чат-ботів: @ribs_karkas_bot, @es_test_karkas_bot, @es_economy_karkas_bot, @es_info_tech_karkas_bot. Для платформи Android розроблені додатки доступні в Google Play. Для медичної предметної області розроблені додатки: ES_RFCHD, ES_MI, ES_DBT, ES_HEPATITIS. Для інформаційних технологій розроблена інтелектуальна система ES_IT (для менеджерів проектів, розробників або осіб, які приймають рішення в галузі корпоративних технологій).

Список використаних джерел

1. Giarratano J.C., Riley G.D. Expert Systems: principles and programming, 2007. 4nd. ed.
2. Burdaev V. Використання чат-бота @ribs_karkas_bot для онлайн консультації з експертною системою / V.P.Burdaev // Матеріали V Міжнародної наукової конференції «Обчислювальний інтелект». 2019. С. 177-178.
3. Burdaev V. About one implementation of an expert system on the android platform/ V.P.Burdaev // International Scientific World journal. 2023. №19. P. 3–15.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА АПРОКСИМАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ВЕРТОЛЬОТІВ

Владов С.І.

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, Кременчук, Україна

Анотація. Робота присвячена створенню методу апроксимації параметрів газотурбінних двигунів вертольотів з використанням нейронних мереж з одним прихованим та одним вихідним шаром. Ключовою особливістю створеного методу є модифікація алгоритму масштабованих спряжених градієнтів для навчання нейронних мереж шляхом введення коефіцієнта моменту, що дозволяє уникнути потрапляння нейронної мережі до локального мінімуму.

Ключові слова: газотурбінний двигун вертольоту, нейронна мережа, математична модель.

NEURAL NETWORK APPROXIMATION OF HELICOPTER GAS TURBINE ENGINE PARAMETERS

Vladov S.

Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs, Kremenchuk, Ukraine

Abstract. The work is devoted to the creation of a method of approximation of the parameters of gas turbine engines of helicopters using neural networks with one hidden and one output layer. The key feature of the created method is the modification of the algorithm of scaled conjugate gradients for learning neural networks by introducing a moment coefficient, which avoids the neural network from falling to a local minimum.

Keywords: helicopter gas turbine engine, neural network, mathematical model.

Вступ. В авіаційній галузі, де постійно зростає вимога до високої ефективності, енергоефективності та надійності, нейромережева апроксимація параметрів газотурбінних двигунів (ГТД) вертольотів стає важливою та актуальною темою досліджень. Використання штучних нейронних мереж для точної апроксимації параметрів ГТД вертольотів дозволяє підвищити точність моделювання, оптимізувати роботу двигуна та мінімізувати споживання палива [1]. Це забезпечує підвищення ефективності польотів вертольотів, зниження викидів та забезпечення довшого терміну їх служби. Такий підхід є критичним для сучасних технологій авіації, сприяючи досягненню високих стандартів продуктивності та стійкості в галузі вертольотобудування.

Мета роботи. Розробка нейромережевої моделі ГТД вертольотів, що здатна апроксимувати їх параметри, що реєструються на борту вертольоту, задля встановлення ступеню відхилення їх значень від гранично допустимих.

Постановка задачі. Основними параметрами, що реєструються на борту сучасних вертольотів, є частота обертання ротора турбокомпресора (n_{TK}), температури газів перед турбіною компресора (T_{Γ}^*), частота обертання ротора вільної турбіни (n_{CB}). Чисельні значення цих параметрів, що подаються на панель приладів, не завжди є інформативним. Тому нейромережева модель ГТД вертольотів, що здатна апроксимувати їх значення, дозволить командирі екіпажу вертольоту проводити безперервний моніторинг технічного стану ГТД вертольотів в режимі польоту вертольоту.

Розв'язання задачі. У загальному випадку математична модель ГТД вертольотів є деякий математичний оператор $F: U \rightarrow Y$, відповідно якому кожному вектору реєстрованих на борту вертольоту параметрів

$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} n_{TK} \\ T_{\Gamma}^* \\ n_{CB} \end{pmatrix}, \mathbf{u} \in U \in \mathbb{R}, \forall t, U = \begin{pmatrix} n_{TKmin} \leq n_{TK} \leq n_{TKmax} \\ T_{\Gammamin}^* \leq T_{\Gamma}^* \leq T_{\Gammamax}^* \\ n_{CBmin} \leq n_{CB} \leq n_{CBmax} \end{pmatrix}, y = (G_B, \pi_K^*, T_K^*, P_K^*, N_K, \eta_K),$$

де y – параметри компресора (зазначається, що аналогічним чином можуть бути подані й параметри інших вузлів ГТД вертольотів, наприклад, камери згоряння, турбіни компресора, вільної турбіни тощо), G_B – витрата повітря через компресор, N_K – потужність, що потрібна для обертання компресора, π_K^* – ступінь підвищення повного тиску в компресорі, P_K^* – повний тиск повітря за компресором, T_K^* – температура повітря за компресором, η_K – коефіцієнт корисної дії компресора.

Відомо [2], що нейронні мережі з одним прихованим та одним вихідним шаром можуть апроксимувати будь-яку неперервну функцію на обмеженій множині з будь-якою передбачуваною точністю.

У роботі пропонується апроксимувати статичні властивості ГТД вертольотів за допомогою ієрархічної структури нейронної мережі, що реалізує відображення:

$$(G_B, \pi_K^*, T_K^*)^T = F_1(n_{TK}, T_\Gamma^*, n_{CB}), \quad (1)$$

$$(P_K^*, N_K, \eta_K)^T = F_2(G_B, \pi_K^*, T_K^*). \quad (2)$$

Параметризація задачі структурної ідентифікації моделі ГТД вертольотів полягає у можливості закодування вектором структурних параметрів \mathbf{D} різних структур:

$$F = \langle \mathbf{D}, \mathbf{P} \rangle. \quad (3)$$

У цьому випадку складовими вектору \mathbf{D} є кількість нейронів у прихованих шарах нейронної мережі F_1 і F_2 , що визначає розміри відповідних матриць ваг та зміщень нейронів. У той же час, складовими вектору \mathbf{P} , який включає невідомі параметри моделі, є елементи зазначених матриць ваг і зміщень для нейронної мережі F_1 і F_2 , а також параметри залежності (1) k_{p0} , k_{p1} і k_{p2} .

Якщо параметри $\mathbf{P} = [k_{p0}, k_{p1}, k_{p2}]$ залежності (1) задані, ідентифікація математичної моделі ГТД вертольотів зводиться до визначення структури та параметрів нейронної мережі F_1 і F_2 :

$$\langle \mathbf{D}, \mathbf{P} \rangle = \langle [\mathbf{D}_1, \mathbf{D}_2, \mathbf{D}_3], [\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \mathbf{P}_3] \rangle = \begin{cases} \arg \min_{\mathbf{D}_1, \mathbf{P}_1} J_1(\mathbf{D}_1, \mathbf{P}_1), \\ \arg \min_{\mathbf{D}_2, \mathbf{P}_2} J_2(\mathbf{D}_2, \mathbf{P}_2), \\ \arg \min_{\mathbf{D}_3, \mathbf{P}_3} J_3(\mathbf{D}_3, \mathbf{P}_3), \end{cases} \quad (4)$$

де цільові функціонали мають вигляд:

$$\begin{aligned} J_1(\mathbf{D}_1, \mathbf{P}_1) &= \frac{1}{N_1} \cdot \sum_{i=1}^N \psi_1(i, \mathbf{D}_1, \mathbf{P}_1), \\ J_2(\mathbf{D}_2, \mathbf{P}_2) &= \frac{1}{N_2} \cdot \sum_{i=1}^N \psi_2(i, \mathbf{D}_2, \mathbf{P}_2), \\ J_3(\mathbf{D}_3, \mathbf{P}_3) &= \frac{1}{N_3} \cdot \sum_{i=1}^N \psi_3(i, \mathbf{D}_3, \mathbf{P}_3). \end{aligned} \quad (5)$$

Для розв'язання поставленої задачі пропонується використовувати алгоритм масштабованих спряжених градієнтів для навчання нейронних мереж з одним прихованим та одним вихідним шаром SCG (Scaled Conjugate Gradient Algorithm), який продемонстрував високу результативність у розв'язанні подібної задачі, і об'єднує концепції методу зведених градієнтів і квазіньютонівих методів. З метою уникнення локальних мінімумів, які є однією з проблем, які можуть виникнути при оптимізації нейронних мереж, пропонується модифікація алгоритму масштабованих спряжених градієнтів при оцінюванні нових параметрів нейронної мережі шляхом введення коефіцієнту моменту:

$$\theta_{k+1} = \theta_k - \alpha_k \cdot \tilde{\nabla} E(\theta_k) + \beta \cdot (\theta_k - \theta_{k-1}), \quad (6)$$

де β – коефіцієнт моменту, θ – параметр нейронної мережі, $\tilde{\nabla} E(\theta_k)$ – масштабований градієнт функції витрат в точці θ_k .

На підставі вищевикладеного сформульовано теорему про умови виходу з локальних мінімумів: «При виконанні умов модифікованого алгоритму оптимізації, ймовірність виходу

з локальних мінімумів збільшується, що сприяє знаходженню більш оптимальних розв'язків для нейронних мереж».

Висновки. Запропоновано метод нейромережевої апроксимації параметрів газотурбінних двигунів вертольотів, що ґрунтується на застосуванні нейронних мереж з одним прихованим та одним вихідним шаром, який за рахунок модифікованого алгоритму масштабованих спряжених градієнтів із введеним коефіцієнтом моменту дозволяє уникнути локальні мінімуми під час навчання нейронної мережі і, як наслідок, уникнути негативних наслідків потрапляння нейронної мережі до локального мінімуму.

Список використаних джерел

1. S. Kiakojoori, K. Khorasani. Dynamic neural networks for gas turbine engine degradation prediction, health monitoring and prognosis. *Neural Computing & Applications*. Vol. 27. No. 8. 2016. P. 2151–2192. doi: 10.1007/s00521-015-1990-0
2. E. Serikova, S. Serikova. Neural network approximation of internal-combustion engine characteristics. *Computer science. Telecommunications. Control*. No. 4 (252). 2016. P. 70–79. doi: 10.5862/JCSTCS.252.6

ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЗРУЙНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Жирякова І.А., Осауленко І.А.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Анотація. Використання систем моніторингу інформації під час воєнного часу та післявоєнної реконструкції є актуальним завданням сьогодення. Особливої уваги потребують значущі області моніторингу, розроблені робочими групами Національної ради з відновлення України від наслідків війни на основі відкритих даних. Геопросторовий аналіз та оцінка руйнувань після війни є важливими для розуміння масштабу збитків, організації стратегій реконструкції та надання допомоги постраждалим населеним пунктам в будь-якій країні. Отже, головною метою даної роботи є створення та вдосконалення інструментів геопросторового аналізу, спрямованих на планування реконструкції територій, зруйнованих війною. Запропоновані методи інтеграції перевіряються за допомогою AWS Lake Formation, разом із геопросторовими наборами даних, до яких можна отримати доступ через ресурси AWS S3.

Ключові слова: цифрова реконструкція, інструменти геопросторової аналітики, озеро даних.

GEOSPATIAL ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE DESTROYED AREAS

Zhyriakova I., Osaulenko I.

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The importance of utilizing monitoring information systems during wartime and post-war reconstruction is justified. The significant monitoring areas developed by the working groups of the National Council for Ukraine's Recovery from War Consequences are highlighted. The emphasis on open data in relational management is underscored. Geospatial analysis and assessment of post-war destruction are pivotal in comprehending the scale of damage, orchestrating reconstruction strategies, and extending assistance to affected populations in any nation. This thesis delves into the creation and refinement of geospatial analytics tools tailored for planning the reconstruction of areas devastated by the Ukrainian war. The suggested integration methods are being tested using AWS Lake Formation alongside geospatial datasets accessible through AWS S3 resources.

Keywords: digital reconstruction, geospatial analytics tools, data lake.

Виклад основного матеріалу. Незважаючи на воєнний час, Україна розвиває відкриті дані [1] в чому їй активно допомагає міжнародне співтовариство шляхом моніторингу, збору та обробки картографічної інформації на основі даних з супутників, фіксуючи значну руйнацію територій. В той же час Організація Об'єднаних Націй здійснює ініціативу зі

складання міжнародних домовленостей, які гарантують безкоштовне надання орбітальних зображень дистанційного зондування постраждалих регіонів. Численні дослідження, які поширюються через засоби масової інформації, підтверджують ефективність використання зображень з радіолокаційних супутників для виконання досить точної оцінки змін, які відбуваються на земній поверхні [2]. Отже, з урахуванням актуальності питань розроблення плану заходів з післявоєнного відновлення та розвитку України, які вирішує створена Президентом України Національна рада з відновлення [3], доцільним є автоматизація архітектурної реконструкції пошкоджених територій. Тому метою даного дослідження є розробка концепції хмарного сервісу геопросторового аналізу ушкоджених територій.

Геопросторовий аналіз базуватиметься на застосуванні SAR та Sentinel-1 InSAR інтерферометрії. Для архітектурної реконструкції пошкоджених територій будемо використовувати методи інформаційного моделювання будівель, які регулюються міжнародними стандартами ISO 23247:2021, ISO 16739-1:2024, ISO 19650-1:2018 [4]. Для збереження даних скористаємось AWS S3 (Simple Storage Service) [5], яке дозволяє не лише захистити збережені дані, а й отримати набори даних SAR через реєстр відкритих даних [6]. Для подальшого централізованого керування, захисту та обміну даними для аналітики та машинного навчання ми скористаємось сервісом AWS Lake Formation для створення озера даних.

Набір геопросторових даних являє собою набір супутникових знімків у форматі оптимізованому для хмари. Набір даних для архітектурної реконструкції – це 2D та 3D геометрія та параметричні моделі. Тому концепцію їх інтеграції можна представити у вигляді UML діаграми варіантів використання представлених на рис. 1.



Рис. 1. Концепція інтеграції даних

Основні етапи обробки даних представлені на рис. 2.

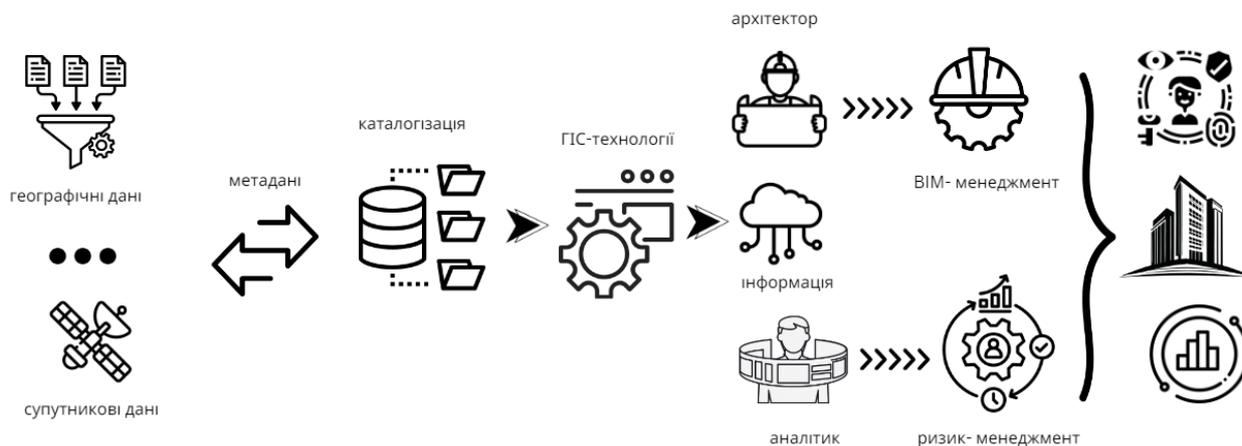


Рис. 2. Етапи обробки даних

Висновки. В результаті дослідження створено озеро даних на базі AWS Lake Formation. Подальше дослідження інтерферограм дасть змогу уточнити необхідні метадані для каталогізації та визначитись чи потребує модифікації або доповнення створена база даних для геопросторового аналізу.

Список використаних джерел

1. Мінцифри презентувало візію розвитку відкритих даних в Україні. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mintsyfri-prezentovala-viziiu-rozvytku-vidkrytykh-danykh-v-ukraini>
2. SAR in Support of the War in Ukraine. URL: <https://www.groundstation.space/tech/sar-in-support-of-the-war-in-ukraine/>
3. Положення про Національну раду з відновлення України від наслідків війни. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266/2022/print>
4. ISO Standards. URL: <https://www.iso.org/standards.html>
5. AWS Documentation. URL: <https://docs.aws.amazon.com/>
6. AWS Open Data Registry. URL: <https://t1p.de/y5axh>

МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ВІКУ ЛЮДИНИ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМ ОБЛИЧЧЯ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЮ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ КЛАСИФІКАТОРІВ

Карпетян А.Р., Федоров Є.С., Мірошкіна І.В., Палагіна О.А., Нестеренко А.М.
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У роботі пропонується метод розпізнавання віку людини за зображенням обличчя використовуючи ансамбль нейромережєвих класифікаторів. Створений метод має такі переваги – вхідне зображення не є квадратним, що розширює сферу застосування; кількість пар "шар що згортається – шар що знижує дискретизацію" визначається емпіричним шляхом, що підвищує точність нейромережєвого класифікатора; кількість площин шарів визначається автоматично, що прискорює визначення структури нейромережєвого класифікатора; використання ансамблю нейромережєвих класифікаторів дозволяє віднести людину до певного вікового діапазону з високою ймовірністю. Запропонований метод розпізнавання віку людини може застосовуватись у різних інтелектуальних системах розпізнавання зорових образів

Ключові слова: Akamai serv розпізнавання віку людини, глибокі нейронні мережі, ансамблі класифікаторів, нейронна мережа LeNet, нейронна мережа AlexNet, нейронна мережа VGG, нейронна мережа ResNet.

Вступ. В даний момент визначення віку людини за зображенням обличчя стало однією з популярних задач статистичного та машинного навчання. Визначення віку є корисним для швидкого прийняття рішення про допуск людини на захід, який має віковий ценз, або на продаж йому деяких товарів. У галузі маркетингу кластеризація відвідувань за соціально-демографічними ознаками дозволяє краще зрозуміти стан ринку та вподобання користувачів. Останнім часом для визначення віку людини використовується глибоке навчання. Весь процес складається з трьох етапів: виявлення обличчя на зображенні, вирівнювання обличчя для подальшої обробки, та розпізнавання віку по обличчю. Задача розпізнавання віку в основному пов'язана з реалізацією третього етапу. Для підвищення точності та ймовірності розпізнавання віку людини в наш час використовують не одну нейронну мережу, а ансамбль нейромережєвих класифікаторів.

Метою роботи є підвищення ефективного розпізнавання віку за допомогою використання ансамблю нейромережєвих класифікаторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити ансамблеву модель нейромережєвих класифікаторів.
2. Обрати критерій якості для ідентифікації параметрів ансамблевої моделі.
3. Визначити метод ідентифікації параметрів ансамблевої моделі.
4. Обрати нейромережєві класифікатори для ансамблевої моделі.
5. Визначити моделі шарів нейромережєвих класифікаторів
6. Обрати критерії якості ідентифікації параметрів нейромережєвих класифікаторів.
7. Провести чисельне дослідження запропонованого методу розпізнавання віку.

Формулювання проблеми. В якості нейромережєвих класифікаторів підвищення точності розпізнавання нині зазвичай використовуються глибокі нейронні мережі. Глибокі

нейронні мережі мають один або більше з наступних недоліків: недостатньо висока точність розпізнавання; недостатньо висока швидкість визначення параметрів; складність визначення структури нейронної мережі (кількість та розмір шарів кожного типу). Для підвищення точності та ймовірності розпізнавання віку людини зараз використовують не одну глибоку нейронну мережу, а ансамбль нейромережевих класифікаторів (базових моделей). Для ансамблю нейромережевих класифікаторів найчастіше використовуються методи бустингу та бегінгу. Ансамбль нейромережевих класифікаторів має один або більше з наступних недоліків: не допускає розпаралелювання навчання базових моделей; може призводити до перенавчання при великій кількості базових моделей (може погано працювати на тестових даних через слабку узагальнюючу здатність); може призводити до недонавчання при малій кількості базових моделей (може слабо враховувати взаємозв'язки між вхідними та вихідними навчальними даними). У зв'язку з цим актуальною є проблема створення ефективного розпізнавання віку людини.

Рішення проблеми. Ансамблеву модель бустингу з базовими моделями на основі нейромережевих класифікаторів та зваженим голосуванням визначено у вигляді

$$y = \arg \max_k \{ \sum_{c=1}^A \alpha_c [f_c(x, w_c) = k] \}, k \in \overline{1, K}, f_c(x, w_c) \in \{1, \dots, K\},$$

де α_c - вага с-ї базової моделі, w_c - сукупність ваг с-ї базової моделі, A - кількість базових моделей, K - кількість класів.

В якості функції втрат виступає сума експоненційних сум ваг базових моделей, які помилково класифікували об'єкт, по всій множині об'єктів.

Ідентифікація параметрів ансамблевої моделі виконується на основі адаптивного бустингу AdaBoost.M1.

В якості нейромережевих класифікаторів (базових моделей) обрані нейронні мережі LeNet, AlexNet, VGG (Visual Geometry Group) (представлена VGG-19), ResNet (Residual Network) (представлена ResNet-18), які базуються на згорткових, що знижують дискретизацію та повнозв'язкових шарах. У роботі для оцінки ідентифікації параметрів нейромережевих класифікаторів обрано критерій точності, критерій категоріальної крос-ентропії та критерій швидкодії.

Експерименти та результати. Чисельне дослідження проводилося з урахуванням набору даних IMDB-Wiki [1]. Опис цього датасету наведено в роботі [2]. Розмір набору даних становив 523 051 елемент. Кількість класів $K=101$. Попередньо кожне зображення було перетворено до розміру 128x128. З наборів даних випадковим чином вибиралося 80% зображень для навчальної вибірки та 20% зображень для перевіркової та тестової вибірки. З огляду на те, що обрані нейромережеві класифікатори містять рекурентних зв'язків, навчання проводилося за допомогою GPU. Для реалізації запропонованих нейромережевих класифікаторів використовувався пакет tensorflow, як програмне середовище було обрано Google Collaboratory. У табл.1 наведені ймовірності розпізнавання, отримані за окремими нейронними мережами та за ансамблевою моделлю, яка включає моделі цих нейронних мереж як базові моделі.

Таблиця 1

Ймовірність розпізнавання

Тип розпізнавача	Ймовірність розпізнавання
нейронна мережа LeNet	0.85
нейронна мережа AlexNet	0.87
нейронна мережа VGG	0.88
нейронна мережа ResNet	0.9
ансамблева модель	0.98

В результаті чисельних досліджень було встановлено наступне: мінімальною кількістю ітерацій для нейромережевого класифікатора з точки зору втрат (на основі категоріальної ентропії) і точності є 11; оптимальною кількістю пар "шар що згортається – шар що знижує

дискретизацію" для нейромережевого класифікатора з точки зору втрат (на основі категоріальної ентропії) є 2; найкращий результат розпізнавання демонструє ансамблева модель. Для запобігання перенавчанню використовувався метод перехресної ентропії KFold з кількістю фолдів 5.

Висновки. Для вирішення проблеми недостатньої ефективності розпізнавання віку людини за зображенням особи були досліджені ансамблеві методи статистичного та машинного навчання. Результати цих досліджень показали, що на сьогоднішній день найбільш ефективним є використання ансамблю нейромережевих класифікаторів. Нейромережеві класифікатори, що використовуються в ансамблевих методах, мають такі переваги: вхідне зображення не обов'язково квадратне, що розширює сферу застосування; кількість пар "шар що згортається – шар що знижує дискретизацію" визначається емпіричним шляхом, що підвищує точність розпізнавання віку людини; кількість площин визначається як частка від ділення кількості клітин вхідного шару на двійку в ступені (ступінь дорівнює подвоєному номеру пари "шар що згортається – шар що знижує дискретизацію") для збереження загальної кількості клітин у шарі після зниження дискретизації, що зменшує розмір площин шару у два рази по висоті та ширині, автоматизуючи визначення структури шарів нейромережевого класифікатора. Використання ансамблю нейромережевих класифікаторів дозволяє віднести людину до певного вікового діапазону з високою ймовірністю. Подальшими перспективами дослідження є використання запропонованого методу ансамблевого нейромережевого розпізнавання зображень різних інтелектуальних систем розпізнавання характеристики людини (наприклад, статі, емоцій та ін.).

Список використаних джерел

1. Neskorodieva, T., Fedorov, E. Neural Network Models Ensembles for Generalized Analysis of Audit Data Transformations // Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, Vol. 344, P. 263–279
2. R. Rothe, R. Timofte, L. Van Gool. Deep expectation of real and apparent age from a single image without facial landmarks // International Journal of Computer Vision. - Vol. 126, 2018, P.144-157

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕКСТІВ ЗГЕНЕРОВАНИХ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Никоненко А.О.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У статті представлено дослідження сучасних методів розпізнавання текстів, сгенерованих за допомогою штучного інтелекту, в контексті стрімкого розвитку великих мовних моделей, таких як ChatGPT від OpenAI. Цілью дослідження є оцінка та порівняння ефективності різних стратегій розпізнавання: від аналізу лінгвістичних ознак до застосування нейронних мереж, технологій водяних знаків та підходів, що передбачають участь людини. Об'єктом дослідження виступають текстові матеріали, сгенеровані штучним інтелектом, тоді як предметом є механізми та інструменти їх ідентифікації. Для аналізу використано методи порівняння, експерименту та статистичного аналізу.

Результати дослідження виявили, що певні комбінації технік можуть значно підвищити ефективність розпізнавання AI-генерованих текстів, проте вони можуть мати обмеження з точки зору етичних наслідків та потенціалу неправильного використання. Дослідження акцентує увагу на критичній необхідності цих технологій для мінімізації ризиків, пов'язаних з академічною недоброчесністю та дезінформацією, а також для забезпечення відповідального використання штучного інтелекту і збереження довіри в цифровому світі.

Ключові слова: визначення текстів згенерованих ШІ, Великі Мовні Моделі, ChatGPT, академічна доброчесність.

APPROACHES FOR IDENTIFYING AI-GENERATED WRITING

Nykonenko A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Research paper presents an in-depth exploration of the methods for detecting AI-generated texts amidst the swift advancements of Large Language Models (LLMs) such as OpenAI's ChatGPT. The study aims to evaluate and compare the efficacy of various detection strategies, including linguistic feature-based techniques, neural networks, digital watermarking, information retrieval methods, and human-assistance approaches. The research focuses on texts produced by artificial intelligence as its object, with the identification mechanisms and tools as its subject. Methods of comparative analysis, experimentation, and critical review were employed in this examination.

The findings demonstrate that certain combinations of techniques significantly enhance the detection effectiveness of AI-generated texts. However, these techniques may have limitations in terms of ethical considerations and the potential for misuse. The study underscores the critical need for these technologies to reduce risks associated with academic dishonesty and the spread of misinformation. Furthermore, it highlights the importance of fostering the responsible use of artificial intelligence and preserving trust in the digital realm.

Keywords: AI-generated text detection, Large Language Models, ChatGPT, academic integrity.

Виклад основного матеріалу. Штучний інтелект (ШІ), зокрема за допомогою великих мовних моделей (LMM), як-от ChatGPT від OpenAI, значно просунувся у створенні текстів, що дуже нагадують людське письмо, пропонуючи вагомі переваги і водночас несучи ризики, такі як академічна нечесність і розповсюдження неправдивої інформації. **Метою роботи** є аналіз та подальша розробка надійних методів детектування текстів, згенерованих ШІ, для зменшення ризиків, які посягають як на академічну доброчесність, так і на достовірність суспільної інформації.

Методи виявлення ШІ. Інформація в цьому розділі базується на результатах досліджень, опублікованих в [1, 3], [2, 7] та [3, 4].

1. Підходи на основі лінгвістичних ознак. Методи виявлення ознак використовують обробку природної мови (NLP) для отримання векторів ознак з текстів та подальшої їх класифікації за допомогою класичних методів машинного навчання. Ефективність цих методів може варіюватися в залежності від методів семплювання генеруючої моделі. Детектори, навчені на текстах, створених за допомогою одного методу семплювання, можуть гірше працювати на текстах, створених за допомогою іншого методу.

2. Підходи на основі генеративних нейронних мереж. Підходи до виявлення на основі LLM продемонстрували високу ефективність в ідентифікації машинного тексту. Ці підходи можна умовно розділити на класифікацію без навчання (zero-shot), яка використовує існуючі моделі (GPT), і підходи з тонким налаштуванням (fine-tuning), які адаптують попередньо навчені моделі для розрізнення машинного і написаного людиною тексту.

3. На основі ознак + генеративна нейронна мережа. Це сімейство детекторів займає проміжне місце між першими двома групами, оскільки використовує великі мовні моделі для обчислення інформативних ознак. Наприклад, перплексію або ймовірність генерації певної послідовності токенів, можна використовувати як ознаку при виявленні згенерованих текстів.

4. Водяні знаки. Нещодавні дослідження розглядають водяні знаки як метод для виявлення текстів, створених штучним інтелектом, шляхом введення специфічних, часто непомітних шаблонів у текст. Ця методика передбачає розбиття токенів на "зелений" і "червоний" списки, де велика мовна модель (LLM) з водяними знаками при генерації вибирає переважно токени із зеленого списку. Це дозволяє детекторам ідентифікувати текст з високою концентрацією токенів із зеленого списку як машинно згенерований.

5. На основі пошуку інформації. Krishna та ін. [4, 5] пропонують детектор на основі інформаційного пошуку, зберігаючи результати LLM у базі даних. Для виявлення уривку-

кандидата їхній алгоритм шукає в цій базі даних семантично схожі збіги. Однак зберігання розмов користувача з LLM викликає серйозні питання з конфіденційністю.

6. За участю людини. Цікавим виглядає метод поєднання детекції за допомогою автоматичного інструменту (наприклад GLTR) з подальшим аналізом людиною для підвищення точності та забезпечення контролю. Варто враховувати, що дослідження показують, що ненавчені люди зазвичай розрізняють людський і машинний текст не краще, ніж випадково. Навчання підвищує точність, але і воно не гарантує результатів розпізнавання.

Висновки. Швидкий прогрес у сфері ШІ та великих мовних моделей посилює потребу у вдосконаленні методів детекції текстів. Проведене дослідження стратегій детекції дозволяє стверджувати, що найбільш актуальною на сьогодні залишається детекція ШІ за допомогою LLM. Сфера має багато актуальних викликів, таких як точність детекції, масштабування та питання конфіденційності. Безперервне вдосконалення методів детекції є критично важливим для відповідального використання ШІ, забезпечення академічної чесності та підтримання довіри в області цифрової комунікації.

Список використаних джерел

1. Sadasivan, Vinu Sankar, Kumar, A., Balasubramanian, S., Wang, W., & Feizi, S. (2023). Can AI-Generated Text be Reliably Detected? *ArXiv*, 2303.11156v3. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2303.11156>
2. E. N. Crothers, N. Japkowicz and H. L. Viktor, "Machine-Generated Text: A Comprehensive Survey of Threat Models and Detection Methods," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 70977-71002, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3294090.
3. Walters, William H.. "The Effectiveness of Software Designed to Detect AI-Generated Writing: A Comparison of 16 AI Text Detectors" *Open Information Science*, vol. 7, no. 1, 2023, pp. 20220158. <https://doi.org/10.1515/opis-2022-0158>
4. Krishna, K., Song, Y., Karpinska, M., Wieting, J., and Iyyer, M., "Paraphrasing evades detectors of AI-generated text, but retrieval is an effective defense", *arXiv e-print*, 2023. doi:10.48550/arXiv.2303.13408.

ВИКОРИСТАННЯ СУРОГАТНИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Тичков В.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичкова Н.Б.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Пропонується метод створення комбінованих сурогатних моделей скороченої розмірності для розв'язання багатопараметричних обернених задач оптимізаційним методом. Особливістю методу є поєднання відомих переваг вказаних моделей із введенням в них додаткової апріорної інформації стосовно досліджуваних об'єктів. Метод передбачає обов'язкове створення сурогатних моделей на основі глибоких повн зв'язних нейронних мереж. Це пов'язано з використанням унікальних узагальнюючих властивостей штучних нейронних мереж, що дозволяє неявно визначити приховані у даних закономірності реакції об'єкта на збуджуючі фізичні впливи. Крім того, використання глибоких нейромереж збільшує точність апроксимації гіперповерхонь відгуку при побудові сурогатних моделей. Скорочення розмірності простору пошуку виконується застосуванням нелінійних перетворень у відповідності до методу Kernel PCA, що дозволяє провести його вагоме скорочення, забезпечуючи значно спрощену структуру нейромережевої сурогатної моделі та полегшені умови виконання оптимізаційних алгоритмів шукання екстремумів. Оскільки обернені задачі внаслідок некоректності їх постановки характеризуються при розв'язанні оптимізаційним методом складними топографіями гіперповерхонь відгуку методом передбачено використання алгоритмів пошуку глобальних екстремумів. На модельних прикладах продемонстрована ефективність методу, який показав достатньо високу точність на тестових задачах.

Ключові слова: обернені задачі, оптимізаційний метод, сурогатні моделі скороченої розмірності, апріорна інформація, ядерна функція, глибокі нейромережі, глобальний екстремум.

USE OF REDUCED ORDER SURROGATE MODELS TO SOLVE INVERSE PROBLEMS BY OPTIMIZATION METHOD WITH A PRIORI ACCUMULATION OF INFORMATION

Tychkov V., Halchenko V., Trembovetskaya R., Tychkova N.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The paper proposes a method for creating combined surrogate models of reduced dimensionality for solving multi-parameter inverse problems by the optimization method. The peculiarity of the method is the combination of the known advantages of these models with the introduction of additional a priori information about the objects under study. The method requires the mandatory creation of surrogate models based on deep, fully connected neural networks. This is due to the use of the unique generalizing properties of artificial neural networks, which allows to implicitly determine the patterns of the object's response to physical disturbances hidden in the data. In addition, the use of deep neural networks increases the accuracy of approximating response hypersurfaces when building surrogate models. The dimensionality of the search space is reduced by applying nonlinear transformations in accordance with the Kernel PCA method, which allows for its significant reduction, providing a significantly simplified structure of the neural network surrogate model and facilitated conditions for the implementation of optimization algorithms for finding extremes. Since inverse problems, due to their incorrect formulation, are characterized by complex topographies of response hypersurfaces when solved by the optimization method, the method provides for the use of algorithms for finding global extremes. The effectiveness of the method is demonstrated on model examples, which showed a sufficiently high accuracy on test problems.

Keywords: inverse problems, optimization method, surrogate models of reduced dimensionality, a priori information, kernel function, deep neural networks, global extremum.

Сучасні публікації щодо реалізації оптимізаційних алгоритмів в скороченому за розмірністю просторі містять значну кількість досліджень, що свідчить про значний інтерес до цього питання, яке представляє суттєву практичну цінність. *Мета роботи* – створення методу, котрий призначений для реалізації комбінованих нейромережових сурогатних моделей скороченої розмірності, що інтегрують їх відомі обчислювальні переваги з функцією носія додаткової апріорної інформації щодо об'єктів, яку накопичено попереднім моделюванням у відповідності до спеціалізованого ПЕ та наявність котрої забезпечує підвищення точності розв'язку обернених задач оптимізаційним методом.

Розв'язання оберненої задачі оптимізаційним методом передбачає пошук екстремуму цільової функції. Вона може бути задана в різному вигляді, найбільш вживаним з яких є сформульований відповідно до методу найменших квадратів. Одна із складових цих досліджень полягає у демонстрації практичних обчислювальних можливостей запропонованого методу створення комбінованих сурогатних моделей скороченої розмірності із апріорним накопиченням інформації (КСМСР). Виходячи з цього обмежимося формулюванням оптимізаційної задачі у загальному вигляді:

$$\min_{x \in R^D} f(x),$$

де $f: R^D \rightarrow R$ є неперервною детермінованою дійснозначною функцією, яка допускає умову невипуклості та визначена на всьому R^D . Вважатимемо, що $\min_{x \in R^D} f(x) = f(x^*)$. Передбачається пошук екстремуму функції одним із еволюційних евристичних алгоритмів, які визначають глобальний оптимум навіть у багатовимірних багатоекстремальних, у тому числі ярових ситуаціях поверхні відгуку. Розмірність D простору пошуку може бути високою і складати сотні. Функцію $f(x)$ вважатимемо складною та обчислювально затратною, яка вимагає використання вельми великих ресурсів при багатократних обрахуваннях, що не є прийнятним. Тобто виправданим є застосування сурогатної оптимізації. Надалі зупинимося на основних кроках створення запропонованої КСМСР.

Eman 1. Побудова КСМСР полягає у генеруванні комп'ютерного ПЕ. Від якості ПЕ залежить точність апроксимації сурогатною моделлю гіперповерхні відгуку, яка властива цільовій функції. Для всебічного дослідження гіперповерхні відгуку доцільно

використовувати комп'ютерний однорідний ПЕ на модифікованих ЛП_т-квазі-послідовностях Соболя, переваги та особливості створення якого детально описано в публікаціях [1, 2] та який забезпечує високу гомогенність у всіх двовимірних проєкціях плану. ПЕ представляє собою таблицю розмірами $D \times N$, де D – кількість рядків у таблиці, яка дорівнює сумі кількості основних та додаткових факторів; N – кількість семплів у навчальній виборці. Важливо зазначити, що кількість семплів для успішного навчання ГПНМ як апроксиматору повинна бути доволі великою. Спочатку план генерується в одиничному гіперпросторі, а потім масштабується в границях, визначених простором пошуку.

Етап 2. Скорочення розмірності простору D методом Kernel PCA [3], передбачає спочатку перехід із оригінального первинного простору ознак у допоміжний проміжний високорозмірний. В цих дослідженнях застосовувалося проєціювання даних у вказаний простір із використанням ядерної функції Гаусса. В результаті отримуємо ядерну матрицю K розмірністю $N \times N$, тобто матрицю схожості, де кожний її елемент дорівнює значенню ядра між i -м та j -м спостереженням у вихідних даних. Після центрування ядерної матриці за вказаним нижче виразом отримуємо матрицю Грама, для якої властивою є симетричність. Далі для центрованої матриці виконується стандартний лінійний PCA, який передбачає сингулярний розклад SVD [4]. Вважається, що перші M власних векторів, відібраних на основі ранжування в напрямку зменшення власних значень, збирають значну частину повної дисперсії даних, досягаючи в цьому незначної похибки. Отже, внаслідок таких обчислень визначаються головні компоненти, які асоціюються із відповідними M власними векторами. Зазвичай M обирається значно менше розмірності первинного простору D . Вихідні дані проєціюються на обрані головні компоненти, призводячи до скорочення розмірності.

Етап 3. Побудова КСМСП в загальному випадку на основі ГПНМ як універсальних апроксиматорів. Деякі ефективні техніки створення нейромережових сурогатних моделей наведено в [5]. Слід зазначити, що для апроксимації гіперповерхонь складної топографії можуть застосовуватися ансамблі нейронних мереж або їх адитивні варіанти, використання яких забезпечує значне підвищення точності [6-8]. На цьому етапі елементи матриці використовуються для навчання КСМСП, тобто є навчальною вибіркою. Нейромережева сурогатна модель в результаті відрізняється суттєво простішою структурою у порівнянні із її аналогом, створеним у оригінальному просторі, а відповідно кращою обчислювальною продуктивністю.

Етап 4. Розв'язання оптимізаційної задачі, результат якої відшукання екстремуму цільової функції у скороченому просторі. Важливим є застосування при цьому алгоритмів глобального пошуку [6-9]. Проте, знайдений у скороченому просторі розв'язок задачі не можна вважати остаточним, поки не відбулося проєціювання його в оригінальний простір пошуку, тобто зворотне перетворення. Його неможливо виконати аналітично, зазвичай застосовуються числові методи.

Етап 5. Виконання проєціювання у первинний простір. Для обраної в цьому дослідженні ядерної функції Гаусса зворотне перетворення здійснюється реалізацією ітераційного процесу [10], який виконує відповідне відтворення розв'язку Kernel PCA вдалого вибору вектору, який потребує ретельного відбирання.

Верифікацію та практичне дослідження ефективності запропонованого методу створення КСМСП перевірятимемо на тестових числових експериментах, імітуючи завдання цільової функції стандартними оптимізаційними бенчмарками. Для тестування використовуватимемо два варіанти функцій [11], серед яких одна унімодална та сепарабельна - сферична та друга більш складна невіпукла ярова ванні розмірність обох тестових функцій дорівнювала $D = 51$.

Висновки. При аналізі результатів числових експериментів найбільш цікавими є досягнуті результати щодо скорочення просторів. Відзначимо, що і для першої, і для другої тестової задачі простори пошуку були скорочені на 20%. Тобто від розмірності первинних просторів 51 вдалося перейти до скорочених, які було змінено вже до 40. Це відбулося

завдяки нелінійним перетворенням із використанням ядерної функції Гаусса та аналізу власних значень отриманих ядерних матриць: для першого тесту обмеження на кількість головних компонент була введена при досягненні значення 19, а для другого – 20. Подальші результати показали обґрунтованість зробленого вибору. Другим показником, котрий демонструє ефективність запропонованого методу, є точність створеної КСМСР. Вона залежить від того, наскільки вдало було згенеровані ПЕ. Для обох бенчмарків використовувався один ПЕ, створений у одиничному гіперпросторі. Показником оцінки якості однорідного комп'ютерного ПЕ слугують показники розбіжності, досконалішим із яких є WSCD (Weighted Symmetrized Centered Discrepancy). Його значення для обох тестових задач дорівнювало 24.36. Відповідні показники для 2D-проекцій для деяких вибірових прикладів склали $7.13 \cdot 10^{-6}$, $3.7 \cdot 10^{-7}$, $1.15 \cdot 10^{-7}$. Це свідчить про високу гомогенність ПЕ. При побудові нейромереж-апроксиматорів не вдалося досягти прийнятної точності їх одиночними представниками, навіть для багатовимірної сферичної функції. Отже, довелося застосовувати ансамблі із трьох нейронних мереж з осередненням їх результатів, що забезпечило виконання цих завдань. Було створено КСМСР, валідність котрих оцінювалася похибками MAPE (Mean Absolute Percentage Error), % окремо для навчальної, крос-валідаційної та тестової вибірок. Для першої тестової задачі вони склали відповідно 0.285%, 0.657%, 0.653%, а для другої – 0.883%, 1.574%, 1.603 %. Перевірками статистичних критеріїв доведено адекватність та інформативність побудованих сурогатних моделей.

Кінцевим результатом досліджень було встановлення остаточних похибок відшукування екстремумів тестових задач внаслідок порівняння знайдених розв'язків із теоретично відомими. Значення цих похибок включають в себе похибку скорочення первинного простору, похибку апроксимації повнорозмірної гіперповерхні відгуку нейромережевою КСМСР, похибку визначення екстремуму у скороченому просторі ознак та, нарешті, похибку зворотного проєціювання із Kernel PCA-простору в оригінальний. Отже, зазначені максимальні абсолютні похибки компонентів векторів екстремумів склали для сферичної та функції Розенброка відповідно $2.656 \cdot 10^{-5}$ та $5.3 \cdot 10^{-4}$.

Підсумовуючи, зазначимо, що запропонований метод створення КСМСР продемонстрував свою ефективність і здатність до доволі точного розв'язку обернених задач високої розмірності та може бути застосований на практиці.

Список використаних джерел

1. Halchenko, V., Trembovetska, R., Tychkov, V., Storchak, A.: The construction of effective multi-dimensional computer designs of experiments based on a quasi-random additive recursive R-sequence. *Applied Computer Systems* 25(1), 70-76 (2020). <https://doi.org/10.2478/acss-2020-0009>
2. Halchenko, V., Trembovetska, R., Tychkov, V., Tychkova, N.: (2023). Construction of quasi-DOE on Sobol's sequences with better uniformity 2D projections. *Applied Computer Systems*, 28(1), 21-34.4. <https://doi.org/10.2478/acss-2023-0003>
3. Raschka, S., Mirjalili, V.: *Python machine learning: Machine learning and deep learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow 2*. Packt publishing ltd. (2019).
4. Halchenko V. Ya., Trembovetska R. V., Tychkov V. V., Tychkova N. B.: Modeling of the measurement control process in eddy-current structroscopy using apriori information about objects. In: *Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems*, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland. CEUR Workshop Proceedings 3628, pp. 116-125. Published on CEUR-WS: 27-Jan-2024. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper9.pdf>
5. Halchenko, V., Trembovetska, R., Tychkov, V., Sapogov, M., Gromaszek, K., Smailova, S., Luganskaya, S.: Additive neural network approximation of multidimensional response surfaces for synthesis of eddy-current probes. *Przegląd elektrotechniczny*, 97(9), 46-49. (2021). <https://doi.org/10.15199/48.2021.09.10>
6. Halchenko, V. Y., Trembovetska, R. V., Tychkov, V. V.: Surrogate synthesis of excitation systems for frame tangential eddy current probes. *Archives of electrical engineering*, 70(4), 743-757 (2021). <https://doi.org/10.24425/aee.2021.1382588>
7. Halchenko, V. Y., Trembovetska, R. V., Tychkov, V. V.: Synthesis of eddy current probes with volumetric structure of the excitation system, implementing homogeneous sensitivity in the testing zone. *Tekhnichna Elektrodynamika* (3), 10–18 (2021). <https://doi.org/10.15407/techned2021.03.010>

8. Halchenko, V. Y., Trembovetska, R. V., Tychkov, V. V.: Development of excitation structure RBF-metamodels of moving concentric eddy current probe. *Electrical Engineering & Electromechanics*, (2), 28–38. (2019). <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2019.2.05>
9. Halchenko, V. Y., Trembovetska, R., Tychkov, V.: Surrogate synthesis of frame eddy current probes with uniform sensitivity in the testing zone. *Metrology and measurement systems*, 28(3). (2021). <https://doi.org/10.24425/mms.2021.1371288>
10. Wang, Q.: (2012). Kernel principal component analysis and its applications in face recognition and active shape models. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1207.3538>
11. Hansen, N., Finck, S., Ros, R., Auger, A.: Real-parameter black-box optimization benchmarking 2009: Noiseless functions definitions (Doctoral dissertation, INRIA) (2009). <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6be79c5a5edf3284c9cfb558b81707a28805d505>

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ДОПУСКІВ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ТЕХНОЛОГІЙ І КОНСТРУКЦІЙ

Чередніков О.М.

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

Анотація. Розмірний аналіз охоплює широкий клас задач, починаючи з виявлення і побудови розмірних ланцюгів конструкцій, технологічних процесів і закінчуючи розмірним моделюванням траєкторій рухів. Багато з них потребують етапів інтелектуальної діяльності.

В той же час математичні та програмні складові компоненти відомих систем автоматизованого проектування та керування процесами на інтерактивних принципах, залишаючи інтелектуальну складову вибору метода і процесу прийняття рішення за користувачем, ступінь кваліфікації якого різна і накладає суттєвий вплив на оптимальність та якість рішень. В розмірному аналізі, як методі вдосконалення конструкцій та технологічних процесів, вектор дій фахівця може коливатись в широких межах.

Ключові слова: розмірні зв'язки, допуски, точність, штучний інтелект.

INTELLECTUALIZATION OF THE APPOINTMENT OF OPTIMUM TOLERANCES DIMENSIONAL COMMUNICATIONS OF TECHNOLOGIES AND CONSTRUCTIONS

Cherednikov O.

State Research Institute of Testing and Certification of Weapons and Military Equipment, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Dimensional analysis covers a wide class of tasks, starting with the identification and construction of dimensional chains of structures, technological processes, and ending with dimensional modeling of movement trajectories. Many of them require intellectual activity.

At the same time, the mathematical and software components of well-known automated design and process control systems are based on interactive principles, leaving the intellectual component of method selection and the decision-making process to the user, whose degree of qualification is different and has a significant impact on the optimality and quality of decisions. In dimensional analysis, as a method of improving designs and technological processes, the specialist's vector of actions can vary widely.

Keywords: dimensional relationships, tolerances, accuracy, artificial intelligence.

Виклад основного матеріалу. Система проектування і виготовлення виробів реалізується на інтегрованому програмному, який являє собою інформаційно і програмно взаємозв'язані системи. Застосування технології наскрізного проектування створює тенденцію злиття традиційно існуючих відділів головного конструктора і головного технолога в один відділ технічного підготовки виробництва. При цьому чітка градація фахівців на конструкторів та технологів поступово зникає, а розв'язання задач ускладнюється.

Об'єднання модулів конструкторських і технологічних розробок в єдину систему автоматизованого проектування зменшує вартість і час виходу нової продукції на ринок, дозволяє конструювати деталі високої технологічності, однак підвищує рівень інтелектуальності задач, зокрема і задач розмірного аналізу.

Машини, їх складальні одиниці та деталі є просторовими конструкціями, обмежені сукупністю зв'язаних між собою поверхонь. Тому звичайною практикою сучасного конструкторсько-технологічного підготовки виробництва стає зображення виробів не у вигляді двовимірних креслеників, а у вигляді тривимірних математичних моделей. Виходячи з цього, розмірні зв'язки в машині повинні описуватись просторовими розмірними ланцюгами, побудовані як координатні системи з пружними зв'язками.

Принципова відмінність розрахунку таких ланцюгів полягає у визначенні номінальних значень і допусків лінійних і кутових параметрів, як зв'язаних величин [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Штучний інтелект системи автоматизації розмірного аналізу (РА) полягає в можливості виявлення розмірних зв'язків деталей та їх поверхонь з позицій відповідності їх заданим технічним вимогам, керувати розмірними зв'язками технологічних процесів і приймати рішення по їх коректуванню. Створення “розумних” систем автоматизації РА зв'язано, як правило, з наданням їм людських якостей.

Так, при розв'язанні задач синтезу РА використовують методи емпіричного підбору допусків складових ланок: метод спроб, рівного квалітету, пропорційного впливу, економічних допусків. Кожен із зазначених методів потребує суб'єктивної оцінки при виборі значень допусків і залежить від кваліфікації виконавця.

Інтелектуальна система є загальною для проектування та аналізу розмірних зв'язків технічних систем широкого призначення, полегшуючи процедури РА і розширюючи інтелектуальні можливості фахівців, що приймають відповідальні інженерні рішення.

Останнім часом спосіб набуває все більшого розвитку і поширення. Сутність способу полягає у використанні оптимізаційної математичної моделі на основі штучних нейронних мереж для розрахунку допусків ланок, враховуючи можливості технологічних методів.

Мета роботи: визначення напрямів застосування штучного інтелекту (ШІ) для призначення допусків на розміри конструкцій та технологій з урахуванням недоліків та переваг моделювання технічних систем є застосування нейронних мереж.

Нейронні мережі побудовані на біологічній моделі нервової системи і є методом імітації процесів і явищ, зокрема і залежностей розмірних зв'язків. Особливістю нейронних мереж є механізм їх навчання розв'язанню конкретних задач які за певним алгоритмом автоматично налагоджує параметри мережі, ґрунтуючись на порівнянні сигналів входу і виходу до тих пір, поки вихід мережі не буде відповідати потрібним значенням. В результаті нейромережової апроксимації даних одержують математичну модель розмірних зв'язків.

Математична модель формального нейрона має вигляд [2]:

$$y = f(g) = f\left(\sum_{i=1}^n W_i x_i\right),$$

де y – вихідний сигнал нейрона – допуск T_{Δ} замикаючої ланки;

$f(g)$ – функція активізації;

W_i – синаптичні коефіцієнти (синапси) – допуски T_i складових ланок;

x_i – вхідний сигнал (рецептор) – передатний коефіцієнт складової ланки C_i ;

n – кількість рецепторів ($m-1$). Штучний (формальний) нейрон складається з сукупності рецепторів 1, їх з'єднань (синапсів) 2, суматора 3 і функції активізації 4 (рис. 1) [2].

Алгоритм розрахунку оптимальних допусків розмірних зв'язків технологій і конструкцій з використанням ШІ включає основні кроки:

1. На основі формального нейрона визначають номінальні розміри складових ланок;
2. Визначають діапазон зміни технологічно прийнятних допусків складових ланок;
3. За допомогою формального нейрона визначають допуски всіх складових ланок;

4. Коректують розрахункові значення до прийнятних стандартних значень.

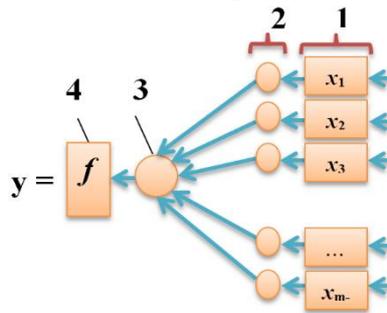


Рис. 1. Структурна схема формального нейрона

Задача визначення допусків складових ланок зводиться до задачі навчання нейрона, тобто підбору синаптичних коефіцієнтів W_{ij} при мінімальній похибці мережі E (похибка роботи нейрона), яку визначають як квадрат різниці еталонного сигналу y_e і реакції мережі $f(W_i x_i)$:

$$E = [y_e - f(W_i x_i)]^2 \rightarrow \min.$$

Мережа підбирає допуски із умови мінімізації похибки, технологічно прийнятні в межах $W_{\min} \leq W \leq W_{\max}$.

Використання ШІ для призначення допусків на розміри конструкцій та технологій має свої переваги і недоліки:

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> • спрощення розрахунків, швидкість і ефективність • відсутність суб'єктивізму при виборі допусків, точність • технологічно оптимальні досяжимі допуски; • можливість використання у всіх типах виробництва (від одиничного індивідуального до багатосерійного) 	<ul style="list-style-type: none"> • відносна складність і недоступність програмного забезпечення; • деяка практична складність теоретичних основ способу; • поки що не завжди достатньо відпрацьована практична реалізація. • відсутність розуміння контексту • потреба в постійному поновленні та вдосконаленні

З врахуванням переваг і недоліків використання штучного інтелекту в використанні автоматизованих систем проектування та математичного моделювання [3,4] призначення допусків на розміри конструкцій та технологій вказують на перспективність напрямку моделювання складних технічних систем з застосуванням нейронних мереж.

Висновки. Штучний інтелект відкриває широкі можливості для автоматизації та оптимізації процесів призначення допусків, забезпечуючи швидкість, ефективність та точність аналізу даних. Він дозволяє виконувати складні аналізи та прогнозування на основі великого обсягу інформації. Однак важливо враховувати недоліки, такі як потреба в якісних даних, ризик неправильного розуміння контексту та потреба в постійному поновленні та вдосконаленні. Постійне вдосконалення та моніторинг системи ШІ необхідне для забезпечення його ефективності та актуальності у змінному середовищі. Таким чином, використання ШІ для призначення допусків на розміри технічних систем (конструкцій та технологій) має потенціал для поліпшення процесів, але вимагає уважного врахування його обмежень та вимог.

Список використаних джерел

1. Фридлендер И.Г. Вопросы точности производства машин. Харьков: Изд-во Харьковского университета, 1959. 292с.
2. Розмірні зв'язки конструкцій та технологічних процесів: монографія // С.Г.Бондаренко, О.М.Чередніков; за заг. ред.. С.Г.Бондаренка. Чернігів: Черніг. держ. технол. ун-т, 2013. 463 с.
3. Технології автоматизованого механоскладального виробництва: монографія/ С.Г. Бондаренко, О. М. Чередніков, О. О. Борисов, О. П. Космач. К. : Кондор, 2016. 400 с.
4. Математика випробувань озброєння та військової техніки / Пантелеева Н.М., Хуторна М.Е., Гончаренко О.О., Чередніков О.М. Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 2023. 272 с.

АДАПТИВНІ ПРОЦЕДУРИ МЕТОДУ PSO ТА ЇХ ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Федоренко В.С., Заєць В.М., Триус Ю.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Однією з основних проблем конструювання методів колективного інтелекту є проблема забезпечення балансу між інтенсивністю пошуку (швидкістю збіжності алгоритму) і широтою пошуку (диверсифікацією пошуку). Найбільш ефективним напрямом вирішення зазначеної проблеми є застосування механізмів адаптації (*adapting*) і самоадаптації (*self-adapting*) поведінкових алгоритмів.

Мета дослідження полягає в аналізі існуючих адаптивних правил управління параметрами методу оптимізації рою частинок (PSO), як одного з найпопулярніших поведінкових методів, та їх програмна реалізація. Завдання дослідження – створення веб-орієнтованого сервісу для розв'язання задач оптимізації, що надасть можливість дослідникам і фахівцям у різних сферах діяльності людини використовувати сучасні інформаційні технології як для проведення наукових розвідок, так і для розв'язання практичних оптимізаційних задач. Об'єктом дослідження є метод оптимізації рою частинок. Предметом дослідження є адаптивні правила управління параметрами даного методу.

Ключові слова: задачі оптимізації, методи колективного інтелекту, поведінкові методи, метод оптимізації рою частинок, PSO, адаптивні процедури.

ADAPTIVE PROCEDURES OF THE PSO METHOD AND THEIR SOFTWARE IMPLEMENTATION

Fedorenko V., Zaiets V., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. One of the main problems in the design of collective intelligence methods is the problem of ensuring a balance between the intensity of the search (the speed of convergence of the algorithm) and the breadth of the search (diversification of the search). The most effective way to solve this problem is to use the mechanisms of adaptation and self-adaptation of behavioral algorithms.

The purpose of the study is to analyze the existing adaptive rules for controlling the parameters of the particle swarm optimization (PSO) method, as one of the most popular behavioral methods, and their software implementation. The task of the research is to create a web-based service for solving optimization problems, which will enable researchers and specialists in various fields of human activity to use modern information technologies both for scientific research and for solving practical optimization problems. The object of research is the method of particle swarm optimization. The subject of the study is adaptive rules for controlling the parameters of this method.

Keywords: optimization problems, collective intelligence methods, behavioral methods, particle swarm optimization method, PSO, adaptive procedures.

Вступ. Метаевристичні методи оптимізації представляють собою клас методів випадкового пошуку, що моделюють процеси живої та неживої природи, а також соціальні явища у людських спільнотах для розв'язання оптимізаційних задач. Ці методи включають в себе генетичні алгоритми, еволюційні стратегії, методи колективного інтелекту (поведінкові методи) та інші. Вони відрізняються здатністю досліджувати весь простір рішень та знаходити оптимальні рішення для складних задач. Приклади досліджень з цього напрямку оптимізації наведено в роботах [1-4]. Разом з тим, поряд з певними перевагами методів колективного інтелекту у порівнянні з класичними методами локальної оптимізації (простота реалізації, невимогливість до властивостей цільових функцій), ці методи мають і деякі недоліки, зокрема у їх канонічному вигляді. Серед цих недоліків основними є повільна збіжність і потрапляння у локальні екстремуми, що робить ці методи недостатньо ефективними при розв'язування реальних задач оптимізації. Керуючи параметрами

поведінкових методів, можна контролювати баланс між збільшенням швидкості їх збіжності та забезпеченням пошуку глобального оптимального рішення, щоб отримати кращі результати за меншу кількість ітерацій.

Як показують проведені науковцями дослідження (Y. T. Juang, S. L. Tung, H. C. Chiu, Hafiz Tayyab Rauf, Sumbal Malik, Umar Shoaib, Muhammad Naeem Irfan, M. Ikramullah Lali, Luis Rodríguez, Oscar Castillo, José Soria, Patricia Melin, Fevrier Valdez, Claudia I. Gonzalez, Gabriela E. Martinez, Jesus Soto, Fatemeh-Sadat Saeidi-Khabisi, Esmat Rashedi), для збільшення швидкості конвергенції та забезпечення пошуку оптимального рішення ефективним є використання різноманітних адаптивних процедур.

Основна частина. Серед поведінкових методів особливе місце належить методу PSO (Particle Swarm Optimization) [5], що є одним з найпопулярніших методів колективного інтелекту розв'язання задач оптимізації і який знайшов широке застосування у різних галузях, від інженерії до штучного інтелекту [6]. Ключовим аспектом підвищення ефективності методу PSO є правила керування його основними параметрами: інерційним, когнітивним і соціальним коефіцієнтами в рекурентній формулі методу. Розглянемо деякі з підходів, щодо побудови адаптаційних процедур для методу PSO.

Адаптивні процедури методу PSO. Стандартний алгоритм PSO (SPSO) [7] використовує набір фіксованих правил для оновлення положення та швидкості кожної частинки рою. Однак ці правила можуть бути не ефективними для певних типів задач оптимізації або на різних етапах процесу оптимізації. Тому були запропоновані адаптивні правила, які динамічно підлаштовують поведінку частинок у залежності від поточного стану пошуку. Одним з поширених адаптивних правил є стратегія зміни параметра інерційної ваги (ω), який коригує вплив попередньої швидкості на поточну. Висока інерційна вага заохочує глобальний пошук, а низька – локальний пошук. Інерційна вага може бути адаптована лінійно, нелінійно або випадковим чином, щоб збалансувати швидкість збіжності та забезпечити диверсифікацію пошуку. Адаптивні процедури також можуть бути застосовані до інших параметрів методу PSO для покращення його продуктивності. До цих параметрів відносяться: когнітивний коефіцієнт (c_1) та соціальний коефіцієнт (c_2), які контролюють вплив найкращої позиції кожної частинки рою та глобальної найкращої позиції всього рою на рух частинки відповідно. Іншим адаптивним параметром методу PSO є розмір популяції, який можна динамічно регулювати, щоб збалансувати обчислювальні витрати і можливості пошуку. Більший розмір популяції збільшує різноманітність рішень, але також збільшує обчислювальні витрати, тоді як менший розмір популяції зменшує обчислювальні витрати, але може призвести до передчасної збіжності. Адаптивні правила управління параметрами дозволяють алгоритму краще пристосовуватися до особливостей задачі та уникати збіжності до локальних екстремумів.

Адаптивні методи PSO успішно застосовується до широкого кола задач, включаючи задачі глобальної оптимізації мультимодальних функцій, навчання нейронних мереж, інженерне проектування тощо.

Огляд деяких підходів до управління параметрами PSO. В даному дослідженні було проаналізовано кілька різних адаптацій методу PSO. Нижче представлено короткий огляд та аналіз цих методів. У роботі [8] представлена адаптивна оптимізація роєм частинок (Adaptive Particle Swarm Optimization, APSO) як вдосконалена версія класичного PSO. Метод APSO передбачає два основні етапи:

1. Оцінка стану еволюції (дослідження, експлуатація, збіжність, вихід) на кожній ітерації та адаптивне налаштування параметрів алгоритму відповідно до визначеного стану для покращення ефективності пошуку;

2. При визначенні стану збіжності застосовується стратегія вчителів для виходу з потенційних локальних оптимумів.

Ефективність методу APSO перевірялась на тестових функціях, при цьому він продемонстрував суттєве покращення швидкості збіжності до глобального екстремуму, точності та надійності порівняно з класичним PSO.

У роботі [9] запропоновано адаптивний нечіткий алгоритм оптимізації роєм частинок (Adaptive Fuzzy Particle Swarm Optimization, AFPSO), який є вдосконаленням стандартного PSO (SPSO). AFPSO використовує теорію нечітких множин для адаптивного налаштування коефіцієнтів прискорення в PSO, щоб підвищити точність та ефективність пошуку. Поєднання AFPSO з квадратичною інтерполяцією та оператором кросовера утворює новий варіант, названий авторами AFPSO-QI, для розширення можливостей глобального пошуку. AFPSO та AFPSO-QI були порівняні з іншими відомими варіантами PSO, такими як SPSO, QIPSO, UPSO, FIPS, DMSPSO та CLPSO на 16 еталонних функціях. Запропоновані алгоритми AFPSO та AFPSO-QI продемонстрували хороші результати мінімізації для більшості розглянутих мультимодальних функцій.

У роботі [10] запропоновано новий метод FAIPSO (Fuzzy Adaptive Informed Particle Swarm Optimization), який покращує звичайний алгоритм оптимізації роєм частинок (PSO), усуваючи його недоліки, такі як захоплення в локальних мінімумах та передчасна збіжність. У FAIPSO коефіцієнти прискорення c_1 і c_2 адаптивно підлаштовуються для кожної частинки на кожній ітерації за допомогою системи нечіткого виведення з 6 входами, 2 виходами та 10 правилами.

Використовується параболічна модель для адаптивного зменшення інерційної ваги. Для кожної частинки визначається діапазон видимості (Mu), в якому вона шукає рішення. Цей діапазон адаптивно змінюється завдяки іншій системі нечіткого виведення з 2 входами, 1 виходом та 14 правилами. FAIPSO порівнювався з 10 іншими авторитетними варіантами PSO на 16 тестових функціях з різними характеристиками. Результати показали, що запропонований метод FAIPSO демонструє хорошу ефективність і більшу придатність порівняно з іншими методами.

У роботі [11] представлено нову модифікацію методу PSO, названу HPSO (Human Behavior-Based Particle Swarm Optimization). HPSO відрізняється від стандартного PSO двома основними аспектами:

- у рівняння швидкості частинок додано компоненту, пов'язану з найгіршою за глобальним критерієм частинкою рою, з випадковою вагою згідно нормального розподілу для балансування між інтенсифікацією і диверсифікацією пошуку;
- видалено коефіцієнти прискорення c_1 і c_2 , щоб зменшити чутливість алгоритму до значень параметрів.

Метою HPSO є підвищення продуктивності PSO та зменшення залежності від налаштованих параметрів. Експерименти на 28 тестових функціях різних типів (унімодальні, мультимодальні, повернуті, зсунуті, високовимірні) показали високу ефективність запропонованого HPSO щодо точності збіжності, швидкості та обчислювальних витрат.

Як бачимо, кожне з цих досліджень пропонує різні варіанти адаптацій PSO, які по-різному покращують його та спрощують. Одні методи краще працюють на одних функціях, а інші методи на інших функціях.

Тож цілком доцільно розробити програмний продукт, який буде надавати можливість користувачу обирати відповідні адаптивні процедури для вирішення відповідних завдань. Для цього можна використовувати [6], що є комплексним оглядовим дослідженням і охоплює новітні методологічні розробки, практичні застосування та виклики в області оптимізації роєм частинок, надаючи цінну інформацію для дослідників і практиків даної галузі.

Програмна реалізація PSO та його модифікацій. В ході даного дослідження створюється програмний продукт, що буде використовувати різні методи оптимізації для розв'язання оптимізаційних задач. Серед них буде метод PSO і його різноманітні модифікації. Важливою частиною даного продукту буде застосування різних адаптивних процедур до різних методів оптимізації. Зокрема, планується інтегрувати процедури, розглянуті в даному дослідженні, до інших методів колективного інтелекту. Даний ресурс дозволить користувачам розв'язувати задачі оптимізації, використовуючи різноманітні методи оптимізації, реалізовані у вигляді бібліотеки для мови програмування Python. Для зручної взаємодії користувача з цією бібліотекою розробляється веб-орієнтований сервіс з

інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, який дозволить вводити вхідні дані та параметри управління методами оптимізації, після чого швидко отримувати результат зі звітом про виконанні обрахунки.

Методи оптимізації реалізовано на мові Python і виконуються у відповідному середовищі, але їх виклик на виконання, відправка результатів на фронт-енд, серверна система безпеки, зв'язок з базою даних та все інше, що пов'язано з серверною веб-частиною, реалізовано на мові Java. Для збереження даних обчислень використовується об'єктно-реляційна СКБД PostgreSQL. Для створення інтерфейсу користувача використовується фреймворк Angular, написаний на TypeScript, з використанням групи бібліотек NgRx для зручного управління станами і перемиканням між наповненням веб-сторінки, що відображається в залежності від обраного методу.

Висновки. Використання адаптивних процедур у методі PSO може значно покращити його продуктивність і швидкість збіжності. Ці процедури дозволяють алгоритму краще збалансувати інтенсивністю пошуку та диверсифікацією пошуку, адаптуватися до особливостей задачі та уникати передчасної збіжності. Широке застосування адаптивного PSO у різних сферах демонструє його потенціал як потужного інструменту розв'язання складних задач оптимізації.

Створення веб-орієнтованого сервісу для розв'язання задач оптимізації дасть можливість дослідникам і фахівцям у різних сферах діяльності людини використовувати сучасні інформаційні технології як для проведення наукових розвідок, так і для вирішення практичних оптимізаційних задач.

Майбутні дослідження будуть зосереджені на розробці нових адаптивних стратегій як для методу PSO, так й інших популярних методів та їх програмній реалізації.

Список використаних джерел

1. El-sayed. M. El-Kenawy et al., Novel Meta-Heuristic Algorithm for Feature Selection, Unconstrained Functions and Engineering Problems. IEEE Access, 10, 40536-40555, 2022.
2. S. Mirjalili, Dragonfly algorithm: A new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems. Neural Comput. Appl. 27(4), 1053–1073, 2016.
3. F.A. Hashim, E.H. Hussain, K. Houssein, M.S. Mabrouk, W. Al-Atabany, Archimedes optimization algorithm: a new metaheuristic algorithm for solving optimization problems. Appl Intell., 2020.
4. El-sayed. M. El-Kenawy et al., Novel Meta-Heuristic Algorithm for Feature Selection, Unconstrained Functions and Engineering Problems. IEEE Access, 10, 40536-40555, 2022.
5. J. Kennedy, R. Eberhart. Particle swarm optimization, in: Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 1995, pp. 1942–1948.
6. Ahmed G. Gad. Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications: A Systematic Review. April 2022. Archives of Computational Methods in Engineering (2022) 29:2531–2561. DOI:10.1007/s11831-021-09694-4.
7. Y. Shi, R.C. Eberhart, A modified particle swarm optimization, in: Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 1998, pp. 69–73.
8. Zhan, Z-H. and Zhang, J. and Li, Y. and Chung, H.S-H. (2009) Adaptive particle swarm optimization. IEEE Transactions on Systems Man, and Cybernetics . Part B: Cybernetics, 39 (6). pp. 1362-1381. ISSN 0018-9472.
9. Yau-Tarng Juang, Shen-Lung Tung, Hung-Chih Chiu. Adaptive fuzzy particle swarm optimization for global optimization of multimodal functions. October 2011. Information Sciences 181(20):4539-4549. DOI:10.1016/j.ins.2010.11.025.
10. Mehdi Neshat. FAIPSO: Fuzzy adaptive informed particle swarm optimization. January 2013. Neural Computing and Applications 23:95-116. DOI:10.1007/s00521-1256-z.
11. Hao Liu, Gang Xu, Gui-yan Ding, Yu-bo Sun. Human Behavior-Based Particle Swarm Optimization. April 2014. Swarm Intelligence and Its Applications 2014. DOI:10.1155/2014/194706.

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ РІШЕНЬ ЗАДАЧ ВИБОРУ

Шевченко С. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. Розглядаються задачі багатокритеріального вибору. Їх вирішення є вагомим етапом процесів прийняття рішень. Метою дослідження є багатокритеріальна оптимізація рішень задач вибору. Вибір кращих варіантів рішень має відбуватися з урахуванням порівнянь претендентів рішення за обраною сукупністю критеріїв, які можуть бути суперечливими та непогодженими. Для вирішення таких задач можуть застосовуватися методи багатокритеріальної оптимізації з формуванням підмножин Парето-оптимальних рішень, практичне використання яких потребує ретельних та трудомістких досліджень для кожного прикладу розрахунків. Ці обставини та наявність багатьох публікацій свідчать про актуальність досліджень по формуванню ефективних процедур багатокритеріальної оптимізації рішень задач вибору. Пропонується підхід до визначення кращих варіантів вирішення задачі багатокритеріального вибору на прикладі формування архітектури віртуальної системи обробки даних на основі ресурсів від провайдерів хмарних обчислень.

Ключові слова: задачі вибору, критерії, оптимізація, хмарні обчислення, віртуальні системи обробки даних, багатокритеріальне прийняття рішень.

MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF SOLUTIONS TO SELECTION PROBLEMS

Shevchenko S.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Abstract. The problems of multi-criteria selection are considered. Their solution is an important stage of decision-making processes. The purpose of the study is multi-criteria optimization of solutions to selection problems. The selection of the best solution options should take into account the comparisons of the candidates for the solution according to the selected set of criteria, which may be contradictory and disagreeable. To solve such problems, multi-criteria optimization methods can be with the formation of subsets of Pareto-optimal solutions used, the practical use of which requires careful and time-consuming research for each calculation example. These circumstances and the presence of many publications testify to the relevance of research on the formation of effective procedures for multi-criteria optimization of solutions to selection problems. An approach to determining the best options for solving the problem of multi-criteria selection is using the example of forming the architecture of a virtual data processing system based on resources from cloud computing providers proposed.

Keywords: selection problems, criteria, optimization, cloud computing, virtual data processing systems, multi-criteria decision-making.

Вступ. Задачі багатокритеріального вибору складають поширений клас задач напрямку дослідження операцій та входять до складу інформаційних технологій автоматизованих підсистем підтримки прийняття рішень у різних сферах діяльності [1,2]. Кількість публікацій за даною темою свідчить про їх актуальність та про наявність не повністю вирішених питань, які визначають нові напрямки досліджень. Підтвердженням цього є створення Міжнародного товариства з питань багатокритеріального прийняття рішень (MCDM) [1]. Відомі підходи до вирішення цих задач базуються на використанні експертних оцінок переваг претендентів за обраними критеріями, застосування яких можна вважати доцільним лише при відсутності достовірних даних про фактичні характеристики варіантів рішень. На практиці виникає багато задач вибору, для яких параметри та характеристики відомі або які можуть бути визначені. Тому традиційне використання відомих методів багатокритеріального аналізу таких як метод аналізу ієрархій (АНП), його узагальнення і модифікації, методів ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS без врахування їх особливостей та обмежень, може привести до отримання неприйнятних результатів. Відомі спроби позбутися ризиків неадекватності результатів аналізу за рахунок компенсацій, але вони не мають системний характер [2].

Постановка задачі. Для оптимізації рішень задач вибору, враховуючі особливості порівняння сукупності технічних характеристик претендентів при визначенні варіантів з прийнятним балансом суперечливих критеріїв та обмежень існуючих підходів, виникає необхідність розробки інформаційної технології, що дозволяє будувати Парето-оптимальну множину рішень з визначенням претендентів багатокритеріального вибору, які найбільше відповідають сукупності обраних критеріїв.

Метою роботи є розробка ефективних процедур визначення рішень задачі багатокритеріального вибору з формуванням Парето-оптимальних підмножин варіантів, які можуть бути упорядковані за рівнем відповідності обраним критеріям.

В роботі пропонується проводити визначення кращих рішень багатокритеріальних задач вибору у просторі нормалізованих критеріїв серед альтернатив побудованої Парето-оптимальної підмножини рішень на основі ступеню наближення вектору, утвореного оцінками критеріїв претендента, до вектору значень критеріїв побудованого віртуального зразку. Такий підхід дозволяє позбутися появи ризиків спотворень результатів аналізу, притаманних існуючим методам багатокритеріального оцінювання.

Вирішення задачі багатокритеріального вибору розглянуто на умовному прикладі формування архітектури віртуальної системи обчислень з використанням даних задач, що потребують обробки, вимог проведення обробки та характеристик обчислювальних ресурсів від провайдерів хмарних сервісів.

На рис. 1 наведено результати вирішення прикладу задачі багатокритеріального вибору кращого варіанту архітектури віртуальної системи обробки даних.

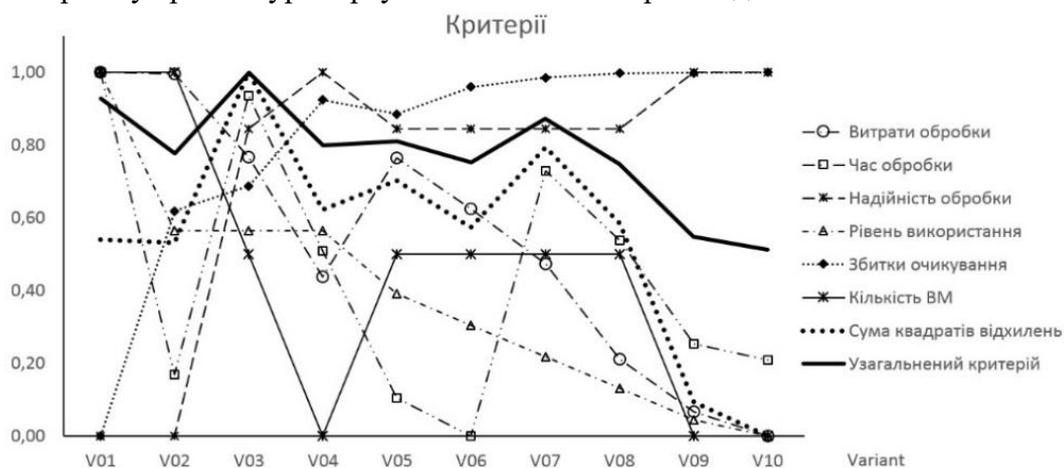


Рис. 1. Співвідношення критеріїв варіантів рішень задачі вибору

Висновки. Оперативне та обґрунтоване вирішення задач багатокритеріального вибору з визначенням доцільних варіантів претендентів має важливе значення для підтримки управління в різних сферах діяльності. Розробка відповідних інформаційних технологій сприяє підвищенню ефективності рішень, що приймаються, та дозволяють використовувати їх у складі підсистем штучного інтелекту. Розвиток даного напрямку досліджень пов'язаний з розширенням класів задач багатокритеріального вибору, що мають практичне значення, та інтеграцією з іншими компонентами систем підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. International Society on Multiple Criteria Decision Making (MCDM). URL: <http://www.mcdmsociety.org>.
2. Романченко І. С., Потьомкін М. М., Сирський О. С. Метод трикритеріального евклідового ранжування та його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2019. № 1(34). С.53–69. URL: <https://www.researchgate.net/publication/337461418>.

COMPARATIVE STUDY OF PRE-ATTENTIVE VISUAL ATTENTION ANALYSIS INSTRUMENTS: 3M VAS AND IMOTIONS AS AI-BASED VS HUMAN-BASED EXPERIMENTS

Volk I.¹, Ivanov O.¹, Artyukhova N.¹, Artyukhov A.², Dluhopolskyi O.³

¹Sumy State University, Sumy, Ukraine

²University of Economics, Bratislava, Slovakia; Lubelska Akademia WSEI, Lublin, Poland

³West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine; Lubelska Akademia WSEI, Lublin, Poland

Abstract. The article focuses on comparing two visual attention analysis approaches based on a human focus group study and an artificial model of pre-attentive processing attention prediction. We substantiate eye-tracking as the suitable modality for visual attention studies through a literature review and bibliometric analysis. The study design is based on eye-tracking as the modality to test the hypothesis aimed to answer the research question. The focus group formation and visual stimuli selection are explained, and a comparative analysis of the results yielded by both approaches is discussed. We suggest new perspective directions for pre-attentive processing phase studies regarding text recognition and mobile platforms' peculiarities. We demonstrate that acquiring eye-tracking data from a focus group formed according to the target audience of visual representation tends to demonstrate similar or more effective results as the predictive model. The current study can be used as the starting point for visual representation creators, promoters, and users to form an understanding of visual attention analysis tools.

Keywords: experiment, visual attention approaches, comparative analysis, eye tracking.

Introduction. Current research has its background considering the Sustainable Development Goals, particularly those pertaining to sustainable cities and communities, and industry, innovation, and infrastructure. The capacity to evaluate and adapt visual strategies within business and industry is instrumental for sustainable progression, since this influences consumer behavior and thus, the market acceptance of sustainable products and solutions. The media, especially at the local level, functions as an essential tool in this process, being the primary vehicle for information dissemination and consumer education. They bear the potential to facilitate sustainable behaviors, highlight innovative practices, and shape public opinion towards sustainability measures. Furthermore, the integration of advanced technologies, such as AI in visual attention analysis tools, mirrors the ethos of SDG 9, reflecting the pivot towards innovative and resilient infrastructure. By enhancing the quality and effectiveness of visual communication, these technological advancements can contribute to the overall objective of creating more sustainable societies. However, the role of technology must be comprehensively explored, and its implications clearly understood, to ensure its alignment with the principles of inclusive and sustainable industrialization. This paper serves as an academic contribution to that discourse.

The purpose of the work. The current paper represents an attempt to compare two approaches to visual attention analysis on the example of iMotions software package and 3M Visual Attention Software (3M VAS). The research question that we hereby formulate is “Does modern AI tech allow visual attention analysis with the same effectiveness as behavioral studies involving human respondents?”. Our hypothesis aiming to provide an answer to the said question is that acquiring gaze analysis data from actual human respondents grouped accordingly to target audience of visual representation tend to demonstrate similar or more effective results as the predictive model. However, for the cases of preliminary composition of visual representation or for timely (re)assessments of discussed designs, AI-based tools like 3M VAS provide an effective alternative to abovementioned human-based studies.

Formulation of the problem. Current paper is built upon the study design presented in Fig. 1. Main deliverables that are used in comparative analysis are the heatmaps provided by iMotions

software and the heatmaps by 3M VAS software. By comparing the areas of highest interest highlighted by the abovementioned instruments, we are answering research questions in the framework of stated hypothesis.

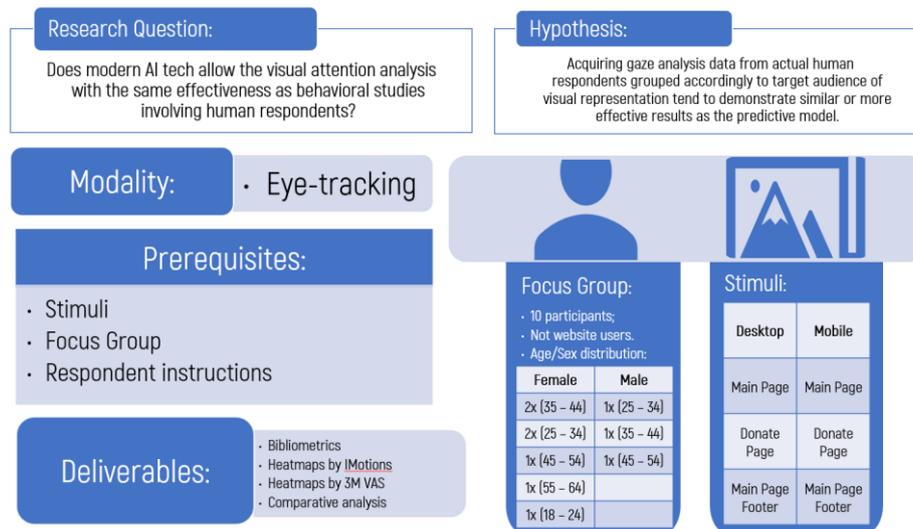


Fig. 1. Study design

As the study design states, we selected eye tracking as the modality to test the hypothesis. According to various studies, heatmaps and other eye tracking outputs are based on processing fixations and saccades [1; 2; 3]. The former are the periods of immobility of the pupil timed less than a tenth of a second, while the latter are the rapid pupil movements between the fixation areas. According to 3M VAS website [4], this product simulates pre-attentive processing phase of human vision. In this phase, gaze fixations are likely to occur around the most salient elements of exposed stimulus.

Solving the problem. The human face is considered as the important area of interest, along with salient heading on the left side of the page (90% respondent visit ratio in both AOIs, 22.9% dwell time of overall stimuli exposure on the face AOI, 16.8% dwell time on the heading AOI. However, predictive model yields that social media icons in the top right of the page will be detected by a significant number of users, while none of the respondents gazed towards said part of the page header. A clear recommendation that can be given to current media stakeholders is that “Donate” button that ought to stand out in the page header receives inadequate attention (10% respondent visit ratio, 5.7% of overall dwell time).

The comparison of results yielded by focus group and predictive model clearly demonstrates the attention distribution among salient elements of the page: areas of high contrast, framed elements (“50 UAH” button received the attention of 100% respondents with 13.2% of overall dwell time), common depiction of interactive interface elements. Pre-attentive processing plays the decisive role here since the graphical design on the page is aimed to capture the attention of user as soon as he/she opens the page (e.g. the region of supporter’s number on the left was fixated on by 100% percent of respondents with 25.1% of overall dwell time). There are minor differences in header attention distribution, but we can confidently state that salient element “Changes” receives the attention (20% of respondents fixated on this AOI, with 12.3% of overall page dwell time).

Heading at the top of the page receives a major part of attention, however, predictive model tends to focus on human face while the focus group members seem to start processing the heading text (indicated by the red area of interest to the left of the woman face behind the text; 100% respondent ratio, 16.3% of overall dwell time). The header with social media icons receives negligibly small attention (20% of respondents visited this AOI, with 2.7% of overall dwell time).

While the main attention of human respondents seems to be focused on the heading at the top of the page (90% respondent ratio, 36.8% of overall dwell time), the predictive model indicates that the black donate button at the bottom of the page as the most salient element on this page is likely

to receive most of attention (in experiment, 70% of respondents fixated at the button with 8% of overall dwell time).

Conclusion. The results yielded by focus group members attention heatmap of mobile layout show the tendency to channel the gaze in the top-down fashion. This might be explained by the narrow rectangular shape of the screen in portrait orientation that forces user to process the visual representation from top to bottom of the page. More information on this matter can be gained by plotting fixation order overlay, which is the prospect for studies to follow.

Current research may be of interest to small businesses, educational institutions, and designers willing to improve their visual representations and seeking the ability to qualitatively evaluate the attention distribution. One must keep in mind that focus group-based research provides more accurate results due to the ability to select respondents in accordance with statistical data on product users.

References

1. Muñoz Leiva, F., Rodríguez López, M.E., García Martí, B. (2022). Discovering prominent themes of the application of eye tracking technology in Marketing Research. *Cuadernos De Gestión* 22(1), 97-113.
2. Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin* 124(3), 372-422.
3. Husić-Mehmedović, M., Omeragić, I., Batagelj, Z., Kolar, T. (2017). Seeing is not necessarily liking: Advancing Research on package design with eye-tracking. *Journal of Business Research* 80, 145-154.
4. Dotsenko, T., Kolomiets, S. (2022). Bibliometric analysis of research of the behavioral and social dimension of the public health system of the world. *SocioEconomic Challenges* 6(3), 97-106.

WIRELESS CYBER-PHYSICAL NETWORKS USING ARDUINO

Yevdokymov S.

Kherson State University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Abstract. The construction of wireless cyber-physical networks using the Arduino platform and their potential applications in the development of neural networks and for the optimization of railway systems are investigated. The work considers the process of creating a network using wireless communication, as well as the development of software for data collection, processing and transmission. The use of Arduino simplifies the deployment of the network and allows the integration of various functions that can be useful for optimizing the operation of railways and creating neural network systems for event prediction and data analysis. Research results can find application in modern management and monitoring technologies in the field of transport.

Keywords: actuators, wireless communication, distance sensors, programming, computer hardware, microelectronics, control systems, system design.

Introduction. Railways play an important role in modern transport and economic life. Effective management and monitoring of railway infrastructure is critical to ensure uninterrupted and safe train movement, efficient use of resources and prevention of accidents. In this context, there is a need to use modern technologies, such as wireless cyber-physical networks and neural network systems, to optimize the management and monitoring of railway infrastructure [1]. The use of such technologies can help solve a number of problems related to the efficiency, safety and reliability of railway systems.

The purpose of the work. The purpose of this work is to investigate the possibilities of building wireless cyber-physical networks using the Arduino platform [2] and their potential applications in the development of neural networks and for the optimization of railway systems.

Formulation of the problem. The management and monitoring of railway systems requires the efficient collection, processing and transmission of large amounts of data to ensure the smooth and safe operation of the network. However, existing data collection and processing methods can

be resource-intensive and difficult to deploy [3]. Additionally, there is a need to develop systems that can predict events and analyze data to improve the efficiency and safety of rail systems. The main tasks to be performed:

1. Creation of software for collecting, processing and transmitting data in this network.
2. Studying the possibilities of integrating various functions into the network provided by the Arduino platform and their potential application to optimize the operation of railways.
3. Researching the possibilities of creating neural network systems for predicting events and analyzing data in the context of railway systems.
4. Determination of possible applications of research results in modern control and monitoring technologies in the field of transport.

Solving the problem. The tasks can be considered separately, and for each of them you can give general instructions and code examples in the C++ programming language for the Arduino platform.

```
include <WirelessLibrary.h> // Connecting the library for wireless communication
#include <SensorLibrary.h> // Connecting the library for sensors
```

```
void setup() {
  // Initialization of the wireless module
  Wireless.init();

  // Sensor initialization
  Sensors.init();
}

void loop() {
  // Reading data from sensors
  float temperature = Sensors.readTemperature();
  float humidity = Sensors.readHumidity();

  // Sending data via wireless communication
  Wireless.sendData(temperature, humidity);

  delay(1000); // 1 second delay between data transmissions
}
```

Possible applications include automatic fault detection, prediction of maintenance needs, optimization of train routes and schedules, and improved traffic safety and accident prevention. For example, you can use Arduino to control the movement of trains, measure the temperature on different sections of the railway track, detect deviations in the operation of the rails, and more. Researching the possibilities of creating neural network systems for event prediction and data analysis in the context of railway systems:

```
#include <NeuralNetworkLibrary.h> // Connection library for neural networks
```

```
void setup() {
  // Initialization of the neural network
  NeuralNetwork.init();

  // Neural network training based on historical data
  NeuralNetwork.trainModel();
}

void loop() {
  // Reading data from sensors
  float[] data = Sensors.readData();
}
```

```

// Prediction of events using a neural network
int prediction = NeuralNetwork.predict(data);

// Execution of actions according to the forecast
performAction(prediction);

delay(1000); // 1 second delay between predictions
}

```

Selection of sensors for the monitoring and management system of railway infrastructure: temperature and humidity sensors (can measure environmental parameters, which can be important for determining the operating conditions of various elements of the railway infrastructure); accelerometers and gyroscopes (can be used to detect deviations, tremors or movement of trains, which can be important for traffic safety and fault detection; distance sensors (can be used to measure the distance between a train and other objects [1] or to detect obstacles in the path of movement) ; pressure sensors (can be used to measure pressure in railway infrastructure); flow sensors (can be used to measure liquid or gas flow in pipelines or cooling systems); fire or smoke sensors (can be used to detect fires or other emergency situations); GPS module (location of moving objects such as trains or wagons); vibration sensors (can be used to detect vibrations or shocks that may indicate potential problems with infrastructure elements).

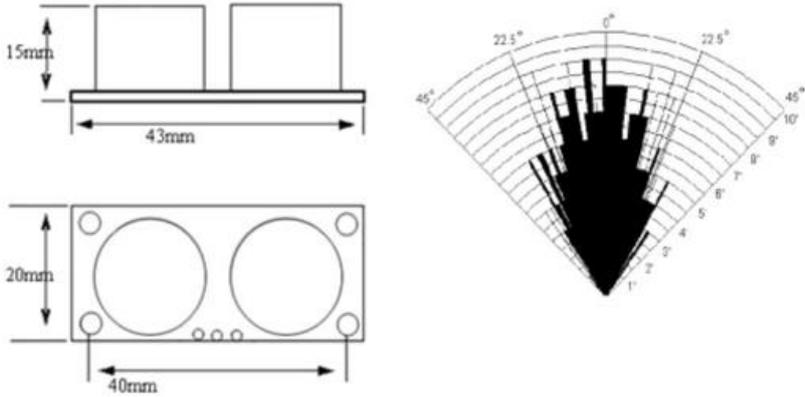


Fig. 1. Directional diagram

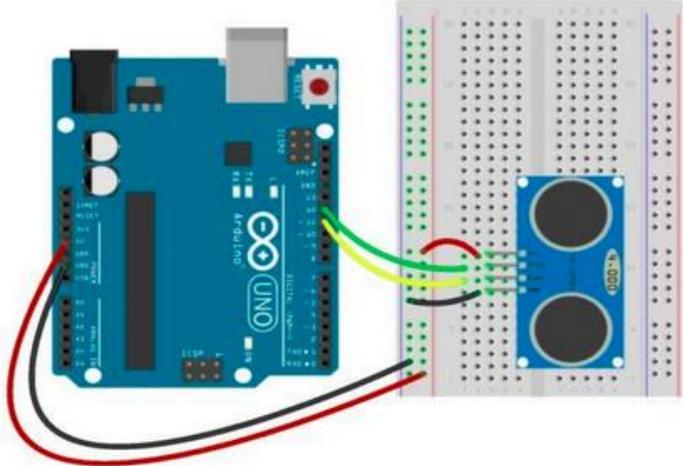


Fig. 2. Connection diagram of the sensor HR-SR04 on the Arduino microcircuit board

Conclusion. This study investigated the possibilities of building wireless cyber-physical networks using the Arduino platform and their potential applications [4] in the control and monitoring of railway systems. By developing a network using wireless communication and software for data acquisition, processing and transmission, Arduino has been shown to simplify

network deployment and allow the integration of various functions that can be useful for optimizing the operation of railways.

The research also revealed the possibilities of creating neural network systems for event prediction and data analysis in the context of railway systems, which can help in improving management and monitoring. The results of this research can find practical application in modern control and monitoring technologies in the field of transport, contributing to improving the efficiency, safety and reliability of railway systems.

References

1. Zhuravel I. V., Kornienko V. V., Borysenko A. O. "Management of railway transport", Publishing House "National Aviation University", 2019.
2. Arduino Reference: Official Arduino documentation and user manuals available at arduino.cc.
3. Shevlyakov A., Polyakov S. "Neural networks. Basic models." M.: Binom. Knowledge Laboratory, 2017.
4. Yevdokymov S., Melnik V. "Universal laboratory bench for digital processing of sensor signals" // Applied geometry and information technology in modeling of objects, phenomena and processes: Materials II All-Ukrainian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists (October 17-19, 2018, Nikolaev). Nikolaev: MNU named after V.A. Sukhomlinsky, 2017. 193 p. P. 223.

ВИБІР ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗРОБКИ КОРПОРАТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОВОЮ JAVA

Беркунський О.С., Беркунський Є.Ю.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна

Анотація. Мова програмування Java, де-факто є найпоширенішим вибором для створення корпоративних інформаційних систем. Зокрема, слід відзначити багату історію існування цієї мови, велику кількість існуючих бібліотек та фреймворків, велику спільноту. Але зворотним боком такої популярності є те, що у екосистемі мови Java було створено декілька різних підходів до створення саме корпоративних (великих, комплексних) застосувань. Об'єктом дослідження є корпоративні інформаційні системи, а предметом дослідження обрано Java-фреймворки для розробки корпоративних інформаційних систем. У роботі проведено порівняння двох найпоширеніших Java-фреймворків та запропоновані критерії вибору однієї з них у залежності від вимог до створюваної системи.

Ключові слова: Jakarta EE, JPA, EJB, Spring, Inversion of Control, Dependency Injection

CHOOSING A PLATFORM FOR DEVELOPING A ENTERPRISE APPLICATION IN JAVA

Berkunskyi O., Berkunskyi Y.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. The Java programming language is de facto the most common choice for creating enterprise information systems. We should note the rich history of this language, many existing libraries and frameworks, and the large community. But the downside of this popularity is that the Java ecosystem has created several different approaches to creating enterprise (large, complex) applications. The object of the study is corporate information systems, and the subject of the study is Java frameworks for the development of enterprise information systems. The paper compares the two most common Java frameworks and proposes criteria for choosing one of them depending on the requirements for the system being created.

Keywords: Jakarta EE, JPA, EJB, Spring, Inversion of Control, Dependency Injection.

У світі розробки корпоративних застосувань на платформі Java де-факто існують два стандарти: Jakarta EE та Spring.

Jakarta EE – стандарт платформи для побудови корпоративних застосувань, який включає у себе набір специфікацій для створення різноманітних компонентів, таких як

Servlets, JSP, EJB (Enterprise JavaBeans), JPA (Jakarta Persistence API), JMS (Jakarta Message Service) та інших. Jakarta EE забезпечує комплексний підхід до розробки, але імплементація може бути менш гнучкою. Завдяки таким особливостям, Jakarta EE лежить в основі таких відомих рішень, як Privat24, UniCredit, Deutsche Bank, інформаційних систем компаній Lufthansa, AIRBUS, ICPC та інших.

Структура найпростішого Jakarta EE застосування показана на рисунку 1.

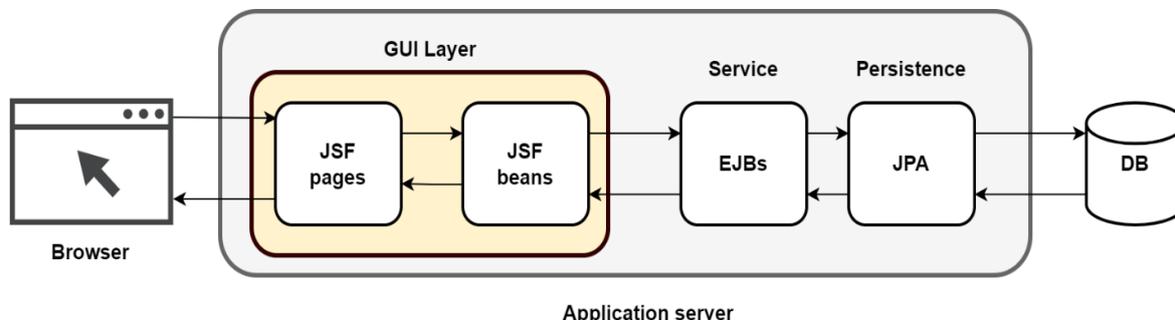


Рис. 1. Структура застосування на платформі Jakarta EE

Показана структура достатньо зрозуміла. Запит обробляється JSF сторінкою (технологія Jakarta Server Faces), а потім біном – спеціальним об’єктом, що призначений для обслуговування саме цієї сторінки. Управління далі йде на бізнес-логіку в EJB (Enterprise Java Beans), яка працює з базою даних через JPA (специфікація роботи з шаром постійності – Jakarta Persistence API). Крім того, технологія Jakarta гарантує, що якщо навантаження на це застосування збільшиться на кілька порядків, його схема взагалі не зміниться. Просто застосування треба буде встановити на великий кластер з кількох потужних серверів – вузлів (Nodes), і воно працюватиме в кластерному оточенні без жодних правок. За потреби можна буде додавати додаткові сервери в у кластер.

Саме через це, рішення на стеку Jakarta EE можна рекомендувати використовувати в тих випадках, коли питання масштабування для застосування найкритичніше.

З точки зору документації Jakarta EE є фреймворком, яким можна оперувати без потреби вивчати велику кількість джерел інформації. Разом з тим весь необхідний функціонал доступний і вже вбудований в будь-якому сервері застосувань (Enterprise Application Server). Таких серверів існує велика кількість: GlassFish, Payara, JBoss, WildFly, TomEE. Важливо, що вся ця функціональність без проблем працює разом та в розподіленому (кластерному) середовищі.

Spring – фреймворк, який пропонує гнучкий підхід до розробки, заснований на принципах інверсії управління (IoC) та введення залежностей (DI). Spring надає модульну структуру, що дозволяє використовувати компоненти, які потрібні для конкретного проекту. Spring є потужним і популярним фреймворком для розробки мовою Java, від простих консольних програм до складних корпоративних застосувань. Spring використовується компаніями різного рівня, зокрема Netflix, Spotify, Amazon та іншими.

Застосування на платформі Spring не сильно відрізняється від Jakarta EE за архітектурою.



Рис. 2. Архітектура простого застосування Spring

При детальному співставленні можна зрозуміти, що цей рисунок відрізняється від архітектури з рисунку 1 лише більшою деталізацією. Таким чином, застосування на платформі Spring практично складається з таких саме модулів, які зв'язані подібним чином, як і у випадку платформи Jakarta EE.

Найбільш суттєва відмінність, яку треба брати до уваги при виборі платформи, це те, що застосування на платформі Jakarta EE працює тільки в рамках корпоративного сервера застосувань (Enterprise Application Server), проте найпоширеніший сервер для Java застосувань – Apache Tomcat ним не є, а застосування на платформі Spring може працювати на будь-чому. Наприклад, на тому ж Tomcat, або на GlassFish/Payara і навіть взагалі без сервера (оскільки запустить його в собі самостійно). Така особливість робить платформу Spring ідеальною для реалізації елементів мікросервісної архітектури. Проте кластерна програма – це проект, який хоч і можливо, але складно збудувати із використанням Spring. Тому питання масштабування для Spring застосувань повинні вирішуватися окремо. Найчастіше – із значно більшими витратами.

Висновки. В результаті проведеного аналізу запропоновано критерії вибору між Jakarta EE та Spring при створенні корпоративних інформаційних систем. У подальших дослідженнях планується встановити більш чіткі критерії для обрання платформи корпоративних застосувань.

Список використаних джерел

1. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software by Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, and John Vlissides: AddisonWesley Professional, 1994.
2. Architecting Modern Java EE Applications: Designing lightweight, business-oriented enterprise applications in the age of cloud, containers, and Java EE 8 by Sebastian Daschner: Packt Publishing, 2017.

DISTRIBUTED SYSTEMS LOG PROTECTION FROM CYBERATTACKS BY VERKLE TREES

Boyko V., Vasilenko M., Slatvinska V.

National University "Odessa Law Academy", Odessa, Ukraine

Abstract. This paper proposes a modification of the scheme for protecting system logs for distributed systems (orchestrated container clusters) from intrusions by moving from the method of simple linked lists (blockchain) to hash trees (Verkle Tree). Using this scheme of work will allow, on the one hand, to preserve all the advantages of the original system (undemanding on resources, no need to build and maintain a complex infrastructure), on the other hand, by slightly increasing redundancy, it will allow to obtain such advantages as reducing verification time and the ability to work with distributed resources, which will improve the overall security of the system.

Keywords: rootkits, malware detection, malware, cyberattack, blockchain, log, SIEM, verification, hash, verkle tree.

Introduction. The works of [1] and [2] showed the need for a system log integrity monitoring system based on linked list technology (blockchain) to ensure the detection of system intrusions. Compared to alternative solutions (for example, full copying of system logs to a backup server), on the scale of mid-level web servers, the proposed system is simple, unpretentious to use and undemanding of resources. Currently, containerized applications have become widespread, and with the increase in their use and cheaper cloud technologies, applications for orchestrating container clusters have become widespread. At the same time, the orchestration solutions themselves (for example, Kubernetes) do not provide control over system logging, search for intrusion facts, and so on. However, when scaling such a system to the level of large clusters, some difficulties arise due to the distributed nature of data storage in such systems. In addition, an increase in the volume of data stored and processed in system logs can proportionally increase the time it takes to verify system logs, which can negatively affect the time it takes to detect an intrusion into the system. More efficient data structures are required to verify system logs.

The purpose of the work. Analysis of the use of alternative system logs integrity verification schemes based on hash trees - Merkle Tree / Patricia Tree / Verkle Tree.

Formulation of the problem. Systems schema, proposed in [1] and [2] is optimal for use in mid-level web servers, however, for more developed and distributed systems, in particular those using the orchestration of containerized applications, the use of such a system can cause a number of difficulties associated with distribution and dynamic the nature of the systems' functioning. As containerized applications and orchestrators become more widespread, the proposed control system needs to be improved to take these features into account.

Solving the problem. To detect an intrusion, three main categories of technologies are traditionally used: heuristic and/or signature analysis of the file system, analysis of system behavior and user software, and analysis of system logs. At the same time, system logs are both the fastest way to obtain data on intrusions, and the most useful source of information when investigating a post-mortem case. The practice of operating systems in adverse conditions (blackouts, failures in critical infrastructure caused by military operations) shows that the storage and analysis of system logs should also have an additional "margin of safety" that ensures control of the integrity of the logs in conditions of sudden power outages.

As was shown in [1] and [2], the problem of detecting intrusions during cyber attacks remains relevant and the further, the more important the importance of speed and efficiency in detecting the fact of an intrusion. This fact is of particular importance given the trend described above the replacement of stand alone mid-level web servers with a "swarm" of containers united in a cluster and managed by an orchestrator, an example of which is Kubernetes.

The system for monitoring the integrity of system logs proposed in [2] is based on linked list technology (blockchain) and, with all its advantages, can require time proportional to the size of the system log to check the integrity of the logs. In addition, such a system is quite difficult to operate when using a container cluster, where system logs can be maintained inside each of the containers and the start or stop time of each of the cluster containers can be determined by the external load on the system, and therefore is poorly predictable, if predictable at all.

At various times, the use of a hash tree to verify logs has been proposed as a solution, the most typical and well-known example of which is the Merkle Tree. However, the use of Merkle tree in its original version is also associated with the problem of computing resources based on the hashes of the source records, a hash tree is built, which grows in proportion to $O(\log N)$ as the database grows. At the same time, costs increase both for the general organization of the tree and for calculating the “proof” of the immutability of records in the database. In addition, Merkle Tree requires transmission (and storage) of the entire hash tree for verification, which can be quite problematic for distributed systems with large volumes of records.

There have been various attempts to improve the use of Merkle Trees by improving the algorithm (for example, Patricia Trees), but the most successful use scheme, in our opinion, is Verkle Trees [3], in which the hash tree is flattened to several levels, which seriously affects the speed and simplicity of the verification infrastructure logs. The advantages of using Verkle Tree also include the possibility of using algorithms of different efficiency and operation within its framework from simple hashing to the KZG polynomial commitment scheme[4]. The proposed solution uses the SHA-256 cryptographic hash function, which makes it possible to implement this mechanism in most existing systems using well-proven libraries.

Conclusion. Using the proposed work scheme will allow, on the one hand, to retain all the advantages of the original system (undemanding on resources, no need to build and maintain a complex infrastructure), on the other hand, by slightly increasing redundancy, it will allow to obtain such advantages as reducing verification time and the ability to work with distributed resources, which will improve the overall security of the system.

References

1. *Boyko V., Vasilenko M., Slatvinska V.* (2022). Linked list systems for system logs protection from cyberattacks / "Information technologies in education, science and technology" (ITEST-2022) june 23-25, Cherkasy. 2022. P. 81–82.
2. *Boyko V., Vasilenko M., Slatvinska V.* (2023). Linked list systems for system logs protection from cyberattacks // Information technology for education, science, and technics / ed. by Faure E., Danchenko O., Bondarenko M., Tryus Y., Bazilo C., Zaspá G. Springer Nature Switzerland. P. 224–234.
3. *Kuzmaul J.* (2019). Verkle trees. P. 11.
4. *Tas E. N., Boneh D.* (2023). Vector commitments with efficient updates. arXiv, P. 46.

OVERVIEW OF EXISTING METHODS OF MASKING OF ACOUSTIC SPEECH SIGNALS

Lytovchenko O., Lavdanskyi A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The aim of this study is to analyze existing approaches to speech masking. The paper demonstrates an overview of the state of research on the topic. Several proposed techniques of speech masking were reviewed: white noise, pink noise, brown noise, speech-shaped noise, reverberation, combined masking signals, time-reversed signal and babble noise. Aforementioned masking methods are briefly analyzed and compared. Advantages and disadvantages are briefly evaluated. The paper highlights absent points and possible prospects of further research. The topics that are still to be researched are acoustical pollution and annoyance factor. The babble noise is a good prospect for further research.

Keywords: Speech masking, masking noise, speech privacy, babble noise.

Introduction. In the contemporary era speech privacy plays a more important role than mere inconvenience: conversation leakage can range from reputational damages to national security threats. Mitigation of such risk is a necessity, but requires deployment of specialized measures, including special buildings designs, sound insulation, and devices leveraging acoustic masking algorithms. Central topic of this paper is an overview of existing speech masking algorithms. The paper reviews existing techniques and casts a gaze towards prospects of further research on the topic.

The purpose of work. The study is an overview of existing methods of masking of acoustic speech signals and perspectives of further research on the topic.

Formulation of the problem. There are plenty of methods which are used to mask acoustic speech signals, which have different masking capabilities, listeners perception and speakers annoyance factor. Some of these methods can be researched further and improved.

Solving the problem. Acoustic speech signals can be masked by applying white noise, brown noise or pink noise. However, it was demonstrated experimentally that white noise is less efficient in terms of masking capabilities, than brown and pink noises [1]. Besides white, brown and pink masking noises, [1] also approaches speech-alike non-stationary masking noises: speech signal spectral inversion combined with speech signal reverberation and speech-shaped amplitude modulated white noise. The evaluation showed that speech-alike noises had better masking qualities than white noise on a wider SNR range. Moreover, speech-alike masking noises had less acoustic pollution due to the absence during speech pauses.

Although [1] proposed an approach to the masked speech legibility assessment, there was an insufficiency of information on the annoyance factor, impact of the masking noise on the conversation speakers, which is directly related to the acoustic pollution. Further experiments on annoyance factor evaluation can help to evaluate applicability of each speech masking method. Stimuli of such experiments, different masking noises, should include variation of the SNR and masking noise, where applicable. Annoyance factor can be graded from 1 to 5, where 1 - doesn't annoy, 5 - annoyance level is very high, further conversation cannot be conducted.

The [2] proposes masking speech with its time-reversed signal. The proposed algorithm is the following: the original speech signal is divided into short frames, the frames are reversed, delayed by one and finally concatenated. Proposed in [2] algorithm was evaluated with different target-to-masker signal ratio (TMR) values, which is very similar to the aforementioned SNR. The comparison to the babble noise from the NOISEX database was performed. The evaluation results demonstrated that most effective masking was achieved with frame lengths from 120 ms to 240 ms. It was discovered that the proposed approach to speech masking is more effective than bubble noise.

However, the [2] doesn't cover the topic of the acoustic pollution and annoyance factor of the proposed masking signal. Besides that, it's unclear what parameters had the babble noise which was used for comparison. Experimentation with different babble noise parameters, such as number of speakers, can open new insights on effectiveness of the proposed in [2] speech masking method.

Although Krishnamurthy et al. didn't propose any particular masking methods in [3], the vast work on babble noise modeling and analysis was done. The paper describes how babble noise parameters change depending on the speaker number. It was demonstrated that an increase of speaker count leads to an infinite number of phonemes overlapping. In that case, the resulting spectra of the babble noise approximates speech shaped noise.

This phenomenon opens prospects for further research on the topic of using the babble noise as a speech masking noise. Research on the babble noise speech masking abilities and evaluation of the annoyance factor can give more understanding on how babble noise can be useful. Aforementioned experiments in [1] and [2] can be applied to the babble noise.

Unfortunately, any of the mentioned sources doesn't cover the topic of required computational power needed for the speech signal masking methods. This is a subject of significant scope and breadth, which requires separate research. Insufficiency of this knowledge makes it impossible to evaluate the real-word applicability of the aforementioned methods. Thorough analysis of the aforementioned methods could give a theoretical image of computational resources

necessary for the masking methods operation. It is worth taking into account that required computational power and resources can be different on different hardware, which may differ in architecture, presence of auxiliary computational modules etc.

Conclusion. A vast amount of research on the topic was done. There are a number of relatively effective approaches to speech masking signal synthesis. However, such topics as annoyance factor and acoustic pollution are still to be researched. The babble noise is a good option for further research on the topic. Another topic for the research is the required computational resources needed for practical operation of speech signal masking methods.

References

1. M. Prodeus, A. V. Vityk, и D. Y. Didenko, «Subjective evaluation of quality and intelligibility of speech distorted by synthesized noise», *Microsystems, Electronics and Acoustics*, vol. 22, no. 6, p. 56, 2017.
2. T. Arai, «Masking speech with its time-reversed signal», *Acoustical Science and Technology*, vol. 31, no. 2, p. 188–190, 2010, doi: 10.1250/ast.31.188
3. N. Krishnamurthy и J. H. L. Hansen, «Babble Noise: Modeling, Analysis, and Applications», *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 17, no. 7, p. 1394–1407, 2009, doi: 10.1109/TASL.2009.2015084

MICROCONTROLLER-BASED DATA PROTECTION METHOD USING PERFECT BINARY ARRAYS

Murr P.¹, Alhasan K.², Honcharov A.³, Mogilei S.⁴

¹International University of Science and Technology in Kuwait, Ardhya, Kuwait

²Arab Open University, Ardhya, Kuwait

³Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

⁴Rauf Ablyazov East European University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The paper proposes a new microcontroller-based data protection approach that employs perfect binary arrays, including a special class of binary arrays, which comprise properties that make them appropriate for application in cryptography. The recommended method employs a synchronized random sequence to produce perfect binary arrays and undertake encryption using two distinctive methods to create the reference classes. The security problem is rooted in spotting the location of the reference perfect binary array and the substantial number of current perfect binary arrays. The paper evaluates the security of the method concluding it offers increased level of security against numerous types of attacks, for instance brute-force attacks and those based upon algebraic and computational complexity. Compared to actual cryptographic and data protection methods, the suggested technique has a number of benefits including a greater degree of randomness, as well as fast and straightforward encryption and decryption speeds which permit to use it in low-power systems, for example embedded and microcontrollers which facilitate the connection with different types of devices including IoT providing secure data exchange. In addition, the paper considers several potential applications of the proposed approach in fields such as authentication, secure communication as well as data storage.

Keywords: Perfect binary arrays, microcontrollers, data protection, security, IoT.

Introduction. Due to their perfect algebraic constructions, perfect binary arrays (PBA) have found various applications in communication, computer science as well as in several radio-engineering problems [1, 2]. Considerable consideration has recently focused on the application of perfect binary arrays in cryptography and coding theory [3].

The purpose of the work. The purpose of this work is to create a system that can use the PBA as a data encryption method and apply it using microcontroller. This method can be helpful for different applications.

Formulation of the problem. Microcontrollers have limited memory therefore we need to develop a method to embed or generate the PBA. as well as find a way to minimize the number of transmitted/received data to enhance the data exchange.

Solving the problem. The Perfect Binary Arrays (PBA) is an array is an array comprising the following entries are +1 or -1 and have two-dimensional arrays of $N_1 \times N_2$. Each PBA of order N (size $N \times N$) generates a class of equivalent PBAs $-E(N)$ class, by cyclic rotation (L_{k1}) of the reference PBA by $k1$ rows down and the operation of cyclic shift of columns (Q_{k2}) of the reference PBA by $k2$ columns to the right

$$H^{(E)}(N) = L_{k1}H^{(0)}(N)Q_{k2}. \quad (1)$$

Two-dimensional periodic cross-correlation function (TPCCF) Between two PBA equivalent class $E(N)$ -class $H^{(0)}(N) = \left\| h_{i,j}^{(0)} \right\|$ and $H^{(E)}(N) = \left\| h_{i,j}^{(E)} \right\|$ dimension of N , elements of TPCCF are calculated as:

$$b_{m,n} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} h_{i,j}^{(0)} h_{i+m,j+n}^{(E)} = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} h_{i,j}^{(0)} h_{i+m+k1,j+n+k2}^{(0)} = r_{i+k1,j+k2}^{(0)}. \quad (2)$$

The total number of generated matrices is:

$$\Psi = 7.24 \cdot \frac{N^2}{8} \cdot \frac{N^2}{8} \cdot \frac{N^2}{8} \cdot \frac{N^2}{8}. \quad (3)$$

For $N = 48$, using (3), the number of generated matrices will be 1155790798848, this will give a very high level of protection. PBA are easy to save into microcontroller memory or it is easy to generate them which allow to use the microcontroller as a device for encryption and decryption.

Another way, is to save the PBA in the microcontroller's ROM, as the size of the ROM in microcontrollers is limited, we can merge the 1s and 0s to form bytes, thus, the reference PBA will take less bytes. Figure 1 shows the way to transfer a 6x6 PBA into only 6 bytes of memory.

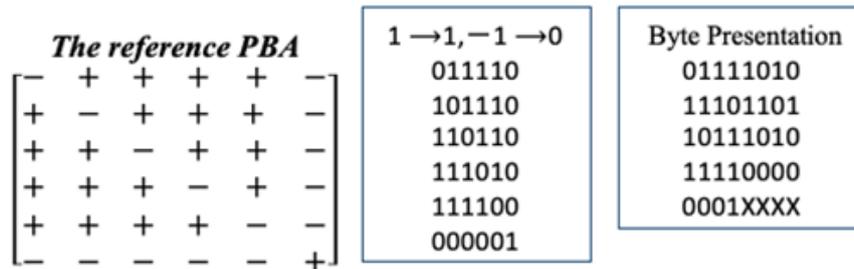


Fig. 1. Presentation the PBA in Bytes

This method of compression of the reference PBA into bytes allows to save a big number of arrays into the ROM which provide a higher level of security. Table 1 shows different sizes of PBA and the reduces size in Bytes.

Table 1

Byte presentation of the reference PBA			
PBA size	Number of equivalent PBAs	Max number of characters	Size in Byte
6x6	36	English alphabet only capital or small (24)	5
8x8	64	English alphabet capital and small (52) and additional 12 symbols	8
12x12	144	Alphabet of two different languages	18
16x16	256	Alphabet of four different languages	32

Conclusion. This research proposes a cryptography method employing a microcontroller based on the correlation characteristics of the perfect binary arrays. The study determined that the encryption technique based upon perfect binary arrays can be implemented easily in small as in large microcontrollers. The investigation also confirmed that employing microcontrollers to decrypt and encrypt data can be effective because it is cost-efficiency has compact size and low power consumption, can be integrated with other components and devices.

References

1. Tang Z, Kong H, Wu Z, Wei J. Superimposed Perfect Binary Array-Aided Channel Estimation for OTFS Systems. *Entropy*. 2023. №25(8). p. 1163.
2. Belim S., Larionov I. Noise proof coding based on orthogonal functions. In *Journal of Physics: Conference Series (IOP Publishing)*. 2020. Vol. 1441, No. 1. p. 012034.
3. Murr, P., Yevseiev, S., Milevskiy, S., Melnyk, M., Katsalap, V., Pribyliev, Y., Rzayev, K., Bryla, A., Shpak, O. and Fedorka, P. Development of an error correction method using perfect binary arrays. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. №4(9). p.124.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SHIFT PARAMETER ESTIMATES IN SYMMETRICAL BIMODAL DISTRIBUTIONS

Chepynoha A.¹, Zabolotnii S.², Chepynoha V.¹

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²Cherkasy State Business College

Abstract. The research is devoted to the comparative analysis through statistical modeling using the Monte Carlo Method of different approaches to finding estimates of shift parameters for bimodal symmetric distributions. The root mean square deviation of the estimates from the true value of the informative parameter is used as a criterion for efficiency. Nonparametric (mean, median, mid-range) estimates, parametric maximum likelihood estimates, and a suboptimal approach based on Polynomial Maximization Method using higher-order statistics are studied. Bimodal Power Distributions and mixtures of Gaussian and Laplace distributions are used as models of statistical data.

Keywords: bimodal distributions, parameter estimates, variance of estimates, moments, cumulants, stochastic polynomial.

Introduction. Statistical parameter estimation is the basis for technical analysis in data processing and mathematical modeling, providing tools for determining the characteristics of distributions based on collected data. In the practical aspect of working with symmetric bimodal distributions, accurate estimation of the shift parameter is critical for correctly identifying the positions of the two maximums of the distribution, which has a direct impact on the efficiency of further analytical applications, including variability analysis, forecasting, and process optimization based on statistical data.

The set of existing approaches to solving this problem can be divided into two groups. The first is nonparametric estimates based on methods that use relatively simple (moments, quantiles, and ordinal) statistics. The second approach is based on descriptions in the form of probability density functions (the most common here are maximum likelihood estimates). The choice of method is determined by the availability and amount of a priori information about the probabilistic nature of statistical data and the complexity of practical implementation. This paper deals with a new approach to statistical estimation based on the mathematical apparatus of stochastic Kunchenko polynomials and description in the form of a finite set of moments or cumulants [1].

The purpose of the work. The purpose of this research is to analyze the efficiency (relative accuracy) of the polynomial maximization method in comparison with classical estimates on the example of finding estimates of the parameter (shift center) of experimental data with a symmetric bi-modal distribution.

Formulation of the problem. Suppose there is a parameter of the center of the distribution θ that needs to be estimated based on the processing of a vector of random values $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. This vector has dimension n and contains independent and equally distributed sample values obtained from multiple experiments. The Bimodal Power Laplace distribution [2] and two types of mixtures – Bi-gaussian and Bi-laplace - are used as a statistical data model [3].

Solving the problem. In [1], it is shown that finding estimates of the parameter θ by maximizing a stochastic polynomial is carried out as a solution to a power equation. This equation

includes sets of higher-order sample statistics (raw moments, cumulants, cumulant coefficients), and weighting factors that ensure the minimum variance of the parameter θ estimates for a polynomial of power r .

It is known from previous studies, that to construct a stochastic polynomial for estimating the parameters of symmetric random variables, the minimum power to be used is $r = 3$. Thus, the study obtained the coefficients of a power stochastic polynomial in the form of their dependence on the estimated parameter of the distribution center θ , and constructed polynomials of power $r = 3$ in the form of a cubic equation. Various iterative procedures can be used to solve it, including those based on the Newton-Raphson numerical method.

It is especially important to note the adaptability of the approach based on the PMM. If the values of the parameters (odd central moments up to 6th order) required to construct the polynomial maximization equation are unknown in practice, their posteriori estimates are used. This makes it possible, on the one hand, to get rid of the need to solve the problem of identifying the type of distribution and jointly estimating the uninformative parameters of the statistical data model, and, on the other hand, to take into account its probabilistic nature, based on a partial description, which is simply calculated by the method of moments.

To research the effectiveness of various estimation methods, a software package for statistical modeling by the Monte Carlo method was developed using the R language. The comparative analysis of the accuracy of the estimates was based on the efficiency criterion based on the ratio of the standard deviation of the estimates to the true value of the informative parameter. Such estimates were obtained by various methods as a result of repeated experiments under fixed initial conditions (sample sizes and parameters of statistical data distribution models).

Conclusion. Analyzing the results obtained, we can conclude that the resulting efficiency of the polynomial maximization method significantly depends on both the amount of statistical data and the nature (depth of anti-modality) of the bimodal distributions. Obviously, the first factor significantly affects the accuracy of a posteriori estimates of the higher-order moments of the random component included in the polynomial maximization equation. The second factor determines the level of non-Gaussianity in the value of the cumulative coefficients of the 4th and 6th orders, on the value of which the variance of the MMPL estimates depends.

In general, it can be concluded that the approach based on Kunchenko's stochastic polynomials and the polynomial maximization method can be interpreted as a compromise and suboptimal. This is explained by the fact that the estimates obtained on its basis in most cases significantly outperform simple nonparametric estimates and are only slightly inferior to maximum likelihood estimates, which require much more a priori information about the statistical data model.

References

1. Kunchenko, Y. (2002), Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random variables, Germany, Aachen: Shaker Verlag.
2. Sulewski, P. (2024). Bimodal Power Laplace Distribution. Preprints. <https://www.researchsquare.com/article/rs-3981842/v1>.
3. Zabolotnii, S. V., Kucheruk, V. Y., Warsza, Z. L., & Khassenov, A. K. (2018). Polynomial estimates of measurand parameters for data from bimodal mixtures of exponential distributions. Bulletin of the Karaganda University" Physics Series", 90(2), 71-80.

ВИБІР СТРУКТУР ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

Аль-Амморі А.¹, Дяченко П.В.²

¹Національний транспортний університет, Київ, Україна

²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Розвиток інформаційно-управляючих систем авіоніки зумовлює постійне зростання вимог що до функціональності та достовірності таких систем. Зокрема, при цьому зростають вимоги до таких їх робочих параметрів, як достовірність отриманої інформації, своєчасність виявлення небезпечної ситуації, тощо. Удосконалення та оптимізація низки параметрів інформаційно-управляючих систем авіоніки, на сьогодні є актуальною науково-практичною задачею. З цією метою пропонується спосіб вибору і оптимізації надійних структур інформаційно-управляючих систем. Розглядається задача підвищення достовірності розпізнавання подій інформаційно-резервованою структурою системи, та сама задача забезпечення інформаційного резервування. Побудовано номограми залежності параметрів системи від кількості датчиків, та сформульовано алгоритм вибору оптимальних структур системи, на основі створених номограм.

Ключові слова: інформаційне резервування, достовірність розпізнавання подій, інформаційно-управляюча система.

OPTIMIZATION OF STRUCTURES OF INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS

Ali Al-Ammouri¹, Dyachenko P.²

¹National Transport University, Kyiv, Ukraine

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The development of information and control systems of avionics leads to a constant increase in requirements for the functionality and reliability of such systems. In particular, the requirements for their operating parameters, such as the reliability of the information received, the timeliness of detection of a dangerous situation, etc. are growing. Improving and optimizing a number of parameters of information and control systems of avionics, today is an urgent scientific and practical task. To this end, a method of selecting and optimizing reliable structures of information and control systems is proposed. The problem of increasing the reliability of event recognition by the information-reserved structure of the system is considered, as well as the problem of ensuring information redundancy. Nomograms of dependence of system parameters on number of sensors are constructed, and the algorithm of a choice of optimum structures of system, on the basis of the created nomograms is formulated.

Keywords: information redundancy, reliability of event recognition, information and management system.

Вступ. Системи сигналізації та пожежогасіння належать до числа інформаційно-керуючих систем авіоніки, що істотним чином впливають на безпеку польоту і його ефективність. Основне призначення таких систем – своєчасне виявлення відмов, пожежі і видачі екіпажу достовірної інформації про їх наявність [1]. Одним з основних методів забезпечення необхідних надійнісних характеристик систем сигналізації про пожежу, з точки зору підвищення достовірності переданих повідомлень, є введення інформаційного резервування. Оскільки існують різні способи інформаційного резервування, то для порівняння резервованих систем сигналізації про пожежу, в якості основного критерію зазвичай приймається ймовірність виявлення подій, що являє собою суму ймовірності виявлення системою пожежі, коли пожежа має місце в дійсності, і ймовірності невиявлення системою пожежі, коли пожежі немає [2, 3].

Мета роботи: Висвітлення актуальної науково-практичної задачі – вибору і оптимізації надійних структур інформаційно-керуючих систем, з метою підвищення достовірності розпізнавання подій, у порівнянні зі структурами з мінімально-допустимою достовірністю, що забезпечує правильне функціонування системи.

Основна частина. Вибір і оптимізація надійних структур інформаційно-керуючих систем є одною зі складних задач, яка вимагає застосування спеціальних підходів і програм вибору цих структур з урахуванням умови, щоб ймовірності помилкової тривоги і невиявлення, прямували до нуля, а ймовірність правильного виявлення прямувала до 1. У застосуванні до систем пожежної сигналізації, забезпечення інформаційним резервуванням передбачає збільшення достовірності розпізнавання подій інформаційно-резервованою структурою системи у порівнянні зі структурою, яка має мінімально-допустиму (МД) достовірність для правильного функціонування системи. Таким чином, завдання забезпечення інформаційного резервування системи первинних датчиків пожежної сигналізації передбачає виконання двох основних етапів:

1. Визначення структури інформаційної системи сигналізації, що має мінімально допустиму для правильного функціонування системи достовірність розпізнавання подій.

2. Забезпечення інформаційного резервування системи, тобто вибір структури системи первинних датчиків з кращою, порівняно з мінімально-допустимою структурою системи достовірністю розпізнавання подій.

Як показують дослідження, можна зробити висновок про те, що вид структури системи сигналізації однозначно визначається парою (n, Q) структурних параметрів такої системи, де n – кількість рівноймовірносних (тобто, з однаковими значеннями a, b і d датчиків, складаючих систему, Q – значення індексу мажоритарної системи). У зв'язку з цим, задача визначення виду структури системи сигналізації про пожежу, що володіє мінімально-допустимою для правильного функціонування системи достовірністю розпізнавання подій, може бути інтерпретована наступним чином: є датчики з рівноймовірними характеристиками a, b і d , а також вартістю одного датчика C , де a – ймовірність правильного виявлення контрольованої події; b – ймовірність хибної тривоги; d – ймовірність невиявлення. Потрібно визначити вид оптимальної, в сенсі мінімуму n кількості використовуваних датчиків, структури сигнальної системи пожежогасіння, (тобто пару (n, Q)), для якої ймовірність правильного виявлення (p_{pv}) була б не нижче заданої $(p_{pv})^{zp}$, тобто, $(p_{pv}) > (p_{pv})^{zp}$ а ймовірність “хибної” тривоги – не перевищувала б заданого значення $(p_{hv})^{zp}$, тобто $(p_{hv}) < (p_{hv})^{zp}$.

Вибір оптимальної структури $S(n, Q)$ інформаційно-резервованої сигнальної системи пожежогасіння (ССП) здійснюється за допомогою створених номограм. Номограми, побудовані в координатах площини, де вісь абсцис відповідає кількості датчиків n , ССП, а вісь ординат – значенням ймовірнісних характеристик ССП – p_{lm} , для різних значень a, b, d .

Алгоритм вибору структури за допомогою номограм має наступний вигляд:

1. Вибір датчиків інформації з певними ймовірнісними характеристиками a, b, d . Для прикладу взято датчики з $a = 0.9, b = d = 0.05$.

2. За вимогами нормативно-технічної документації визначається ймовірність правильного виявлення системи p_{cd} .

3. За номограмою обирається структура $[p_{cd}, n, q]$ для якої $p_{cd} \geq p_{cd}^{umd}$.

4. Визначається коефіцієнт мажоритарності для обраної структури в такий спосіб: n – координата по осі абсцис, q – координата по осі ординат для обраної на графіку точки p_{cd} .

5. За номограмами для параметрів p_{nd} і p_{fa} визначається ймовірність невиявлення p_{nd} і помилкової тривоги p_{fa} для обраної структури.

Висновки. Введене поняття рівня інформаційного резервування, являє собою характеристику якості інформаційного резервування структур систем сигналізації, що дозволяє проводити порівняння систем сигналізації різних за структурою і якістю використаних датчиків. Зі збільшенням рівня інформаційного резервування зростає кількість використовуваних у системах сигналізації датчиків, що накладає на процедуру резервування додаткові обмеження конструктивного і економічного характеру.

Наведений аналіз інформаційних структур систем сигналізації про пожежу дозволяє обґрунтовано підійти до формування загальної структури системи, що задовільняє вимогам

нормативної документації з експлуатації систем пожежогасіння, і визначити раціональні принципи розподілу потоків інформації між автоматикою і екіпажем.

Список використаних джерел

1. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А.Г. Корченко. К. : МК-Прес, 2006. 320 с.
2. Aeroengine Safety. Institute of Thermal Turbomachinery and Machine Dynamics. Graz University of Technology. URL: <https://aeroenginesafety.tugraz.at/doku.php?id=9:91>.
3. EASA. Annual Safety Review. 2019 Edition. URL: <https://www%202019.pdf>.

ПОЛІТИЧНА ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА: АНАЛІЗ ВИКЛИКІВ

Григор О.О., Бойко А.І.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою доповіді є виявлення та нейтралізація дестабілізуючих факторів, що впливають на політичну та інформаційну безпеку на національному та міжнародному рівнях з використанням методів системного аналізу, сценарного моделювання, SWOT-аналізу, моделювання загроз, статистичного аналізу, аналізу відкритих джерел. До проблем політичної безпеки відносять зовнішні загрози: військову агресію, тероризм, пропаганду; внутрішні загрози – екстремізм, корупцію, політичну нестабільність. Розглядаються такі проблеми інформаційної безпеки як – кіберзлочинність, дезінформація (пропаганда, фейкові новини, маніпулювання суспільною думкою). Визначено наслідки нехтування політичною та інформаційною безпекою, якими є, зокрема, дестабілізація суспільства, порушення прав людини, економічні збитки. Пропонуються заходи з нейтралізації загроз: зміцнення обороноздатності, підвищення обізнаності населення, міжнародне співробітництво. Вирішення проблем у цій сфері потребує комплексного підходу та спільних зусиль уряду, громадянського суспільства та міжнародної спільноти.

Ключові слова: політична безпека, інформаційна безпека, освіта, дезінформація, корупція.

POLITICAL AND INFORMATION SECURITY: ANALYSIS OF CHALLENGES

Grygor O., Boiko A.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the report is to identify and neutralize destabilizing factors affecting political and information security at national and international levels using methods of system analysis, scenario modeling, SWOT analysis, threat modeling, statistical analysis, and open source analysis. Political security issues include external threats, such as military aggression, terrorism, propaganda, and Internal threats, namely, extremism, corruption, political instability. The following information security issues are considered: cybercrime (cyberattacks, data theft, cyber blackmail) and disinformation (propaganda, fake news, manipulation of public opinion). The consequences of neglecting political and information security are identified: destabilization of society, human rights violations, economic losses. Measures to neutralize threats are proposed: strengthening defense capability, raising public awareness, international cooperation. Solving problems in this area requires a comprehensive approach and joint efforts of the government, civil society, and the international community.

Keywords: political security, information security, security, education, disinformation, corruption.

Вступ. Політична та інформаційна безпека є актуальними проблемами формування нового геополітичного простору через різноманітні виклики та загрози, що виникають в контексті глобальних політичних та технологічних трансформацій. Фактори політичної та інформаційної безпеки, в разі наявності критичних форм, здатні формувати глобальну політичну нестабільність, що ставить під загрозу стабільність та безпеку світового співтовариства. Заходи з політичної безпеки стають стратегічно важливими для запобігання кризовим ситуаціям та відновлення міжнародного порядку. Політична та інформаційна

безпека є ключовими аспектами забезпечення стабільності та безпеки національного та міжнародного рівнів в умовах сучасного геополітичного середовища та цифрової ери.

Постановка завдання. Здійснити розгляд основних проблем політичної та інформаційної безпеки для забезпечення стабільного розвитку суспільства через використання методу системного аналізу для вивчення взаємодії різних елементів політичної та інформаційної системи та їх впливу на безпеку, визначити вразливість та потенційні ризики в політичних та інформаційних структурах. Метод сценарного моделювання використовується для розгляду різних можливих сценаріїв розвитку подій та аналіз їх впливу на політичну та інформаційну безпеку, що дозволяє готуватися до непередбачених ситуацій та розробляти стратегії відповіді. Доцільним є проведення SWOT-аналізу, моделювання загроз, статистичний аналіз, що надає кількісні оцінки різних аспектів безпеки. Використовуються аналіз відкритих джерел.

Мета. Для забезпечення стабільності та динамічного розвитку суспільство потрібно сформулювати умови безпеки, для чого визначити та нейтралізувати максимально можливі дестабілізуючі фактори політичної та інформаційної безпеки.

Виклад матеріалу. Термін політична безпека означає захищеність політичної системи суспільства від зовнішніх та внутрішніх загроз. У такому розумінні політична безпека є суттю суверенності держави. В свою чергу, інформаційна безпека означає як захищеність інформації від несанкціонованого доступу використання, порушення цілісності, конфіденційності, так і формування сенсів та легітимації, що містяться в певній інформації.

До проблем політичної безпеки варто віднести наступні фактори. По-перше, це зовнішні загрози. З початку російсько-української війни актуалізувалось питання *військової агресії*, що ставить під загрозу безпеку будь-якої країни. Зворотній боком військової агресії варто виділити *тероризм*, що також передбачає застосування сили певного формату та спрямування. Прикладами гучних терористичних актів можуть бути теракти в США (11 вересня 2001), теракти в Мадриді (2004), теракти в Парижі (2015). Якщо військова агресія передбачає знищення або нейтралізацію військового стану супротивника, то тероризм застосовує силу переважно до цивільного та мирного населення, керуючись принципом помсти. Для розгляду політичної безпеки окремої уваги та аналізу потребує феномен пропаганди, яка є «двобічним лезом» і може нести небезпеку як для тих, хто формує пропаганду (втрата довіри, втрата відчуття опозиції), так і для тих, хто споживає, на кого вона спрямована (втрата критичного мислення). Відомими прикладами пропаганди є пропаганда нацистської Німеччини, пропаганда Радянського Союзу, пропаганда ІДІЛ, сучасна російська пропаганда, тощо. Серед внутрішніх загроз, з нашого погляду, доцільно виділити такі, як екстремізм, корупція, політична нестабільність. Для політичної безпеки варто вирішувати проблеми корупції, яка підриває основи політичної системи та робить її вразливою до зовнішніх та внутрішніх загроз. Політична нестабільність також є важливим фактором для безпечної сфери політики, адже може призвести до дестабілізації суспільства та послаблення держави.

Зростання кількості кібератак та дезінформації підкреслює важливість інформаційної безпеки. Варто згадати кібератаки на Solar Winds (2020), на Microsoft Exchange (2021), на Colonial Pipeline (2021), тощо. Зловживання технологіями може вплинути на результати виборів, економічну стабільність та довіру громадськості. Для аналізу проблем інформаційної безпеки важливо акцентувати проблеми кіберзлочинності, серед яких кібератаки, крадіжки даних, кібершантаж, захист особистої інформації. Такі проблеми є предметом інформаційних технологій. Проте, в інформаційній безпеці є аспекти, які мають соціально-політичний вимір. Ці аспекти стосуються дезінформації (пропаганду можна розглядати й цьому контексті), фейкові новини, маніпулювання суспільною думкою. Поєднання інформаційних та соціальних технологій можуть мати місце в окремих випадках, до прикладу, це можливість втручання у вибори, що може супроводжуватися кібератаками, дезінформацією, використання ботів тощо. Для забезпечення інформаційної безпеки важливим є оптимальне поєднання принципів прозорості та конфіденційності. Надмірна

прозорість може викликати проблеми конфіденційності, а відсутність достатньої прозорості може породжувати недовіру. Збалансоване управління інформацією є ключовим елементом ефективної інформаційної безпеки.

У разі не виявлення або неналежної оцінки дестабілізуючих факторів політичної та інформаційної безпеки, можуть мати місце дестабілізація суспільства (внутрішні конфлікти, економічні кризи, втрата довіри до влади), порушення прав людини (політичні репресії, цензура, обмеження свободи слова), економічні збитки (крадіжка різноманітних даних, перебої в роботі інфраструктури, зниження інвестицій). Формування політичної та інформаційної безпеки є важливим через виклики гібридних війн. Сполучення військових, інформаційних та економічних засобів для досягнення політичних цілей стає дедалі більш розповсюдженим явищем. Актори, які використовують гібридні стратегії, можуть впливати на політичний процес, формування громадської думки та дестабілізацію країни.

Для нейтралізації загроз важливим є зміцнення обороноздатності, що передбачає розвиток збройних сил, кіберзахист та протидію пропаганді. Актуалізується й такий аспект інформаційної безпеки як підвищення обізнаності населення з основних питань, що охоплює освіту населення, розвиток критичного мислення та поширення медіаграмотності. Проблеми політичної та інформаційної безпеки не обмежуються локальним виміром. Тому для забезпечення безпеки важливим є міжнародне співробітництво, що передбачає обмін інформацією, проведення спільних операцій, координація зусиль по забезпеченню безпеки.

Висновки. Політична та інформаційна безпека є взаємопов'язаними проблемами, які забезпечують суверенність держави. Політична та інформаційна безпека є пріоритетним напрямом державотворення. Вирішення проблем у цій сфері потребує комплексного підходу та спільних зусиль уряду, громадянського суспільства, міжнародної спільноти.

Список використаних джерел

1. Рада національної безпеки та оборони України. URL: <https://www.rnbo.gov.ua/> (дата звернення: 2023-11-16).
2. Центр протидії дезінформації. URL: <https://stopfake.org/> (дата звернення: 2023-11-16).
3. Atlantic Council's Digital Forensic Research Lab. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/programs/digital-forensic-research-lab/> (дата звернення: 2023-11-16).
4. Центр з безпеки та нових технологій (CSET) при Джорджтаунському університеті. URL: <https://cset.georgetown.edu/> (дата звернення: 2024-03-06).
5. Об'єднаний центр передових технологій з кібероборони НАТО (CCDCOE). URL: <https://ccdcOE.org/> (дата звернення: 2024-03-06).

НАУКОВЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ПОВЕДІНКИ ЗЛОВМИСНИКІВ

Гупаленко В.С.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація: У тезах розглянуто методи та формули когнітивного моделювання в сфері кібербезпеки світу та України. Звертається увага на наукове осмислення термінів “когнітивне моделювання”, “кіберпростір та кібербезпека” як вітчизняними, так і зарубіжними дослідниками. Розглянуті основні загрози та практичне вирішення викликів які зустрічаються нам у роботі з корпоративними та державними мережами у сфері кіберзахисту України. У центр питання поставлені наукові терміни та можливості і способи захисту новітніх технологій, в яких беруться до уваги різні ризики та можливості обходу захисту у кіберпросторі мережевих систем. Беручи до уваги динамічні події та виклики, пов'язані з нападом російської федерації, потрібно шукати нові методи сфер захисту в кіберпросторі та “Цифрових системах України” для забезпечення стабільної роботи систем державних органів та компаній України до подій нової реальності. У статті проаналізовано основні нормативні акти світу які були прийняті з 2014 року по наш час та які регулюють сферу кібербезпеки в нашій країні.

Ключові слова: кіберпростір, кібербезпека, когнітивне моделювання, кіберзагрози

SCIENTIFIC AND PRACTICAL RESEARCH OF PROTECTION SYSTEMS ON THE BASIS OF COGNITIVE MODELLING IN PREDICTING THE BEHAVIOUR OF BURGLARS

Hupalenko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract: The methods and formulas of cognitive modelling in the field of cybersecurity in the world and Ukraine are considered in the thesis. Attention is drawn to the scientific understanding of the terms "cognitive modelling", "cyberspace and cybersecurity" by both domestic and foreign researchers. The main threats and practical solutions to the challenges we face in working with corporate and government networks in the field of cyber defence of Ukraine are considered. The focus is on scientific terms, opportunities and ways to protect the latest technologies, taking into account various risks and opportunities to circumvent protection in cyberspace of network systems. Taking into account the dynamic events and challenges associated with the Russian Federation's attack, it is necessary to look for new methods of protection in cyberspace and "Digital Systems of Ukraine" to ensure stable operation of the systems of state bodies and companies of Ukraine to the events of the new reality. The article analyses the main international regulations that have been adopted since 2014 and regulate the cybersecurity sector in our country.

Keywords: cyberspace, cybersecurity, cognitive modeling, cyberthreats.

Вступ. У роботах [2, 3] виконано аналіз когнітивних моделей які використовуються для дослідження поведінки користувачів та виявлення потенційних загроз безпеці, що дозволяє ефективніше протистояти кібератакам хакерів з урахуванням та використанням математичних моделей *Байєса* та *Маркова*, формули яких наведені в роботі. Дослідження показали, що застосування даної методики дозволяє суттєво збільшити ефективність побудови когнітивних моделей в отриманні аналітичного розрахунку який може сприяти покращенню безпеки корпоративних мереж.

Мета роботи – наукове дослідження комп'ютерних мереж на основі когнітивного моделювання для покращення безпеки мереж та їх модифікації, що може дозволити виявляти нові загрози та покращувати захист мережі в режимі реального часу для прогнозування поведінки на основі дії зловмисників.

Основна частина. Однією з відмінних рис сучасного етапу розвитку суспільства є дуже швидкі зміни в житті людей і способах виробництва. Сучасні компанії та організації адаптують свою стратегію, бізнес-моделі, продукти та послуги, а також бізнес-процеси та інформаційні системи, щоб підвищити рівень їх цифровізації за допомогою інтелектуальних сервісів та продуктів з цифровим вдосконаленням.

Започаткування розвитку кібербезпеки можна віднести до середини 20-го століття, коли комп'ютерні системи почали широко застосовуватися у різних галузях, включаючи наукові дослідження, банківську справу, урядові установи та військову галузь. Перші випадки комп'ютерних атак на створені комп'ютерні системи сталися ще в 1970-х роках, коли хакери здійснювали вторгнення в системи для отримання незаконного доступу до інформації. У 1980-х та 1990-х роках зростання популярності інтернету призвело до того, що кіберзлочинність стала більш поширеною та складнішою. У 2000-х роках кіберзлочинність стала однією з ключових проблем у галузі інформаційної безпеки, що призвело до з'явлення багатьох організацій та ініціатив, спрямованих на забезпечення безпеки комп'ютерних систем та мереж. Однією з таких організацій є "Міжнародна організація з кібербезпеки"(International Cyber Security Protection Alliance), яка була створена в 2008 році під час світової кризи і краху фінансової системи багатьох країн з метою забезпечення міжнародної співпраці у сфері кібербезпеки. Сьогодні розвиток кібербезпеки є однією з найбільш актуальних та складних проблем в інформаційній безпеці, оскільки кіберзлочинність постійно зростає та еволюціонує, тому необхідно постійно вдосконалювати методи захисту від кібератак.

Наприклад, за допомогою когнітивного моделювання можна визначити, як користувачі взаємодіють з системою та які дії є незвичними. Це допомагає забезпечити більш ефективний захист від кібератак та інших загроз. Когнітивне моделювання в системах кібербезпеки використовує різноманітні математичні моделі та методи. Однією з таких моделей є модель *Байєса*, яка дозволяє враховувати імовірність виникнення певних подій.

Рівняння Байєса має наступний вигляд:

$$P(A|B) = P(B|A) * P(A) / P(B),$$

де $P(A|B)$ – імовірність настання події A при відомості про подію B ;

$P(B|A)$ – умовна імовірність настання події B при відомості про подію A ;

$P(A)$ – апіорна імовірність настання події A ;

$P(B)$ – імовірність настання події B .

Це рівняння можна використовувати для аналізу поведінки користувачів та виявлення незвичайних дій. Наприклад, якщо користувач зазвичай працює з певними документами, то можна вважати, що ймовірність того, що він відкриє документ, який він ніколи не відкривав дуже низька.

Якщо ж така дія відбулася то це може бути ознакою незвичної поведінки користувача іншою моделлю, що використовується в когнітивному моделюванні, це називається – моделлю Маркова. Вона базується на концепції марковських процесів, які описують еволюцію стану системи у часі.

Модель Маркова використовується для аналізу послідовності подій та прогнозування майбутніх подій. Математична модель Маркова описується системою рівнянь, яка включає матрицю переходів між станами та вектор початкових імовірностей. Рівняння для оновлення вектора імовірностей має наступний вигляд:

$$p(t + 1) = A \cdot p(t),$$

де $p(t)$ – вектор імовірностей в часі t ;

A – матриця переходів між станами.

Ця модель може бути використана для виявлення незвичайних поведінок користувачів в системах кібербезпеки. Наприклад, якщо користувач зазвичай виконує певну послідовність дій, то модель Маркова може прогнозувати наступну дію користувача на основі попередніх дій.

Один з основних етапів методу – створення когнітивної моделі користувачів (зображені на рисунку 1). Це включає аналіз поведінки користувачів в мережі, їх звичок та типових реакцій на певні ситуації. На основі цих даних створюється когнітивна модель, яка дозволяє передбачати поведінку користувачів в різних сценаріях.

Наступний етап – аналіз поведінки користувачів в мережі та виявлення потенційних загроз безпеці. Когнітивні моделі дозволяють виявляти підозрілу активність та незвичні звички користувачів, що можуть вказувати на загрозу безпеці мережі. Наприклад, якщо користувач зазвичай не входить в мережу в певний час, але з'являється на мережі в цей час, це може бути підозрілою активністю.

Далі виконується аналіз ризиків та загроз безпеці, що дозволяє визначити, наскільки серйозними є виявлені підозри та які заходи потрібно вжити для захисту мережі. На основі цих даних можуть бути запропоновані різні рішення, які допоможуть запобігти кібератакам та забезпечити безпеку мережі. Однак, важливо вважати, що метод оцінки захищеності комп'ютерних мереж на основі когнітивного моделювання не є універсальним інструментом і не може гарантувати повну безпеку мережі. Він може виявляти лише ті загрози, які передбачені когнітивною моделлю та можуть бути визначені на основі аналізу поведінки користувачів. Крім того метод може виявляти тільки ті загрози, які пов'язані з поведінкою користувачів, але не може виявляти загрози які походять від зовнішніх джерел.

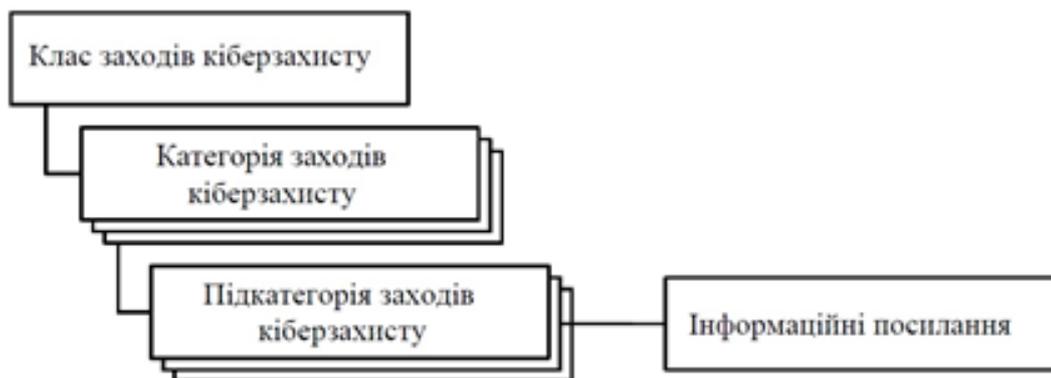


Рис. 1. Структурна схема системи заходів кіберзахисту

Висновки. Отже в результаті наведеної інформації можна зробити висновок, що когнітивне моделювання є однією з ключових технологій в сфері кібербезпеки. Розробка нових моделей на основі когнітивної психології та нейронауки може допомогти забезпечити більш ефективний захист від кібератак та зменшити вплив ризиків на бізнес-процеси. Можна зазначити, що використання когнітивного моделювання в системах кібербезпеки також може сприяти підвищенню кібербезпеки в області інтернет речей (Internet of Things).

Список використаних джерел

1. Панкратов В.А. Стратегія розвитку соціально-економічних систем на основі методологій передбачення та когнітивного моделювання. (2017). URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1880574>
2. Cognitive Modeling for Cybersecurity: A Systematic Literature Review (2019). URL: https://www.researchgate.net/publication/325160821_Simulations_in_Cyber-Security_A_Review_of_Cognitive_Modeling_of_Network_Attackers_Defenders_and_Users
3. Баранов О. Про тлумачення та визначення поняття «кібербезпека» // Інформація і право. 2014. С. 54-62.

БЕЗПЕКА ТРЬОХЕТАПНОГО ПРОТОКОЛУ НА ОСНОВІ ПЕРЕСТАНОВОК

Лавданський А.О., Фауре Е.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У сучасному світі, де інформація стає все більш цінним ресурсом, захист даних стає надзвичайно важливим завданням. Один з способів захисту інформації - використання криптографічних протоколів. Одним з таких протоколів є трьохетапний протокол на основі перестановок, який дозволяє передавати дані між сторонами без обміну ключами перед початком сеансу зв'язку.

У роботі виконано дослідження безпеки трьохетапного протоколу на основі перестановок та порівняно його з іншими криптографічними протоколами. Визначено необхідні вимоги для забезпечення належної безпеки при використанні протоколу. Встановлено, що для досягнення еквівалентної довжини ключа 1024 біт інших протоколів шифрування, довжина ключової перестановки повинна складати не менше ніж з 1941 елементів, а для довжини ключа 2048 біт – не менше ніж з 3879 елементів.

Ключові слова: перестановка, ключ, трьохетапний протокол на основі перестановок, захист інформації, атака повного перебору.

SECURITY OF A THREE-PASS PROTOCOL BASED ON PERMUTATIONS

Lavdanskyi A., Faure E.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. In today's world, where information is becoming an increasingly valuable resource, data protection becomes an extremely important task. One of the ways to protect information is the use of cryptographic protocols. One such protocol is a three-pass protocol based on permutations that allows data to be transferred between parties without exchanging keys before communication begins. In the work, a security study of the three-pass protocol based on permutations was performed and compared with other cryptographic protocols. The necessary requirements for ensuring proper security when using the protocol are defined. It is established that to achieve the equivalent key length of 1024 bits of other encryption protocols, the length of the key permutation should be minimum 1941 elements, and for a key length of 2048 bits – minimum 3879 elements.

Keywords: permutation, key, three-pass protocol based on permutations, information protection, brute-force attack.

Вступ. Захист інформації є надзвичайно важливою сферою в сучасному світі, де технології займають все більшу частину нашого повсякденного життя. Інформація є одним з найцінніших ресурсів, і вона потребує адекватного захисту від небажаного доступу та зловмисних дій.

Загальною метою захисту при передачі даних є забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності даних під час їх переміщення каналами передачі даних. Використання надійних методів захисту може допомогти уникнути небажаних інцидентів з даними та зберегти їх в цілісному та конфіденційному стані.

Метою роботи є визначення умов формування ключової перестановки, що забезпечить достатній рівень захищеності трьохетапного протоколу на основі перестановок до атак повного перебору.

Трьохетапний протокол на основі перестановок [1] дозволяє виконати передачу інформації між зацікавленими сторонами без необхідності обміну ключовими послідовностями перед початком сеансу зв'язку.

Для використання будь якого криптографічного протоколу необхідно провести всебічне його дослідження на вразливості та слабкі сторони. Деякі з таких досліджень наведені у [2]. Ця робота є продовженням дослідження безпеки трьохетапного протоколу на основі перестановок.

Важливою характеристикою протоколу шифрування є довжина його ключа. Саме від довжини ключа найчастіше залежить час, який необхідно затратити для злому протоколу шифрування методом грубої сили (повний перебір) [3]. Для трьохетапного протоколу на основі перестановок ключем є власне перестановка. Проте, її довжину не можна напряму порівнювати з аналогічною довжиною в бітах інших протоколів шифрування, необхідно порівнювати кількість можливих комбінацій ключа. Відповідно до розглянутих у [2] атак, немає можливості зменшити обсяг можливих варіантів перебору ключа нижче за потужності ключових просторів відправник та отримувача. Потужність ключового простору

відправника дорівнює $\prod_{i=1}^{n(\alpha)} l(\alpha_i)$, де l – довжина незалежного циклу α_i .

Потужність ключового простору отримувача дорівнює $\prod_{i=1}^{n(\alpha)} l(\alpha_i) \cdot N(\chi_B)$, де $N(\chi_B)$ – кількість можливих перестановок χ_B . Таким чином, потужність ключового простору для

трьохетапного протоколу дорівнює $\prod_{i=1}^{n(\alpha)} l^2(\alpha_i) \cdot N(\chi_B)$.

Для здійснення атаки повного перебору (грубої сили), криптоаналітику необхідно перебрати всі можливі ключі, кількість яких для протоколів шифрування, які використовують двійкове значення в якості ключа, рівна 2^k , де k є довжиною ключа. Відповідно для трьохетапного протоколу на основі перестановок необхідно перебрати всі можливі перестановки відправника повідомлення.

У роботі визначено еквівалентну до інших трьохетапних протоколів шифрування потужність ключового простору відправника для трьохетапного протоколу на основі перестановок. Для цього використано інформацію про інші трьохетапні протоколи (трьохетапний протокол Шаміра, криптосистема Мессі-Омури, Протокол Діффі – Геллмана), довжина ключів для яких складає від 1024 до 2048 біт.

Дослідження показують, що для отримання еквівалентної довжини ключа $k = 1024$ біт довжина ключової перестановки повинна складати мінімум 1941 елементів для $l(\alpha) = 3$, а для довжини ключа $k = 2048$ біт – мінімум 3879 елементів. Якщо ж використовувати довжину незалежних циклів рівну 4 ($l(\alpha) = 4$), то еквівалентна довжина ключової перестановки становитиме 2048 елементів для $k = 1024$, 4096 елементи для $k = 2048$.

Висновки. У роботі визначено вимоги, необхідні для забезпечення належного захисту трьохетапного протоколу на основі перестановок від атак повного перебору. Для досягнення однакової потужності ключового простору з іншими протоколами шифрування, зокрема для довжини ключа у 1024 біт, довжина ключової перестановки повинна відповідати встановленій структурі та бути не меншою за 1941 елементів.

Список використаних джерел

1. Shcherba, E. Faure, and O. Lavdanska, “Three-Pass Cryptographic Protocol Based on Permutations,” in 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in In-formation Theory (ATIT), 2020, pp. 281–284. doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349343.
2. E. Faure, A. Shcherba, A. Lavdanskyi, M. Makhynko, and M. Khizirova, “Three-Pass Protocol on Permutations: Implementation Example and Security,” in CPITS-2024: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, February 28, 2024, Kyiv, Ukraine, pp. 110-125.
3. N. Vugdelija, N. Nedeljković, N. Kojić, L. Lukić, and M. Vesić, “Review of brute-force attack and protection techniques,” in 13th International Conference, ICT Innovations, 2021, pp. 220-230.

АНАЛІЗ МЕТОДУ ЦИФРОВИХ МІТОК В DLP СИСТЕМАХ

Наумов О.М.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Дослідження присвячене аналізу методу цифрових міток в системах запобігання витоку даних (DLP). Основною метою роботи є вивчення ефективності та можливостей використання цього методу у контексті захисту конфіденційної інформації. Об’єктом дослідження є сам метод цифрових міток, а предметом - його застосування в системах DLP. У процесі дослідження використовувалися як теоретичні, так і практичні методи аналізу. Були проаналізовані наукові публікації, дослідження та практичний досвід у цій області, щоб визначити переваги та обмеження методу цифрових міток у системах DLP. Результати дослідження показали, що метод цифрових міток виявляється ефективним інструментом для виявлення, моніторингу та контролю потоків даних в організаціях. Однак, виявлені певні обмеження, такі як складність впровадження та існування обхідних шляхів захисту. На основі отриманих результатів надаються рекомендації щодо оптимального використання цього методу для забезпечення максимальної безпеки даних у системах DLP.

Ключові слова: DLP, цифрові мітки, безпека даних, конфіденційність.

ANALYSIS OF DIGITAL TAGGING METHOD IN DLP SYSTEMS

Naumov O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The study is devoted to the analysis of the digital tagging method in Data Loss Prevention (DLP) systems. The main aim of the research is to examine the effectiveness and potential applications of this method in the context of protecting confidential information. The object of the study is the digital tagging method itself, while its application in DLP systems is the subject of investigation. The research utilized both theoretical and practical methods of analysis. Scientific publications, studies, and practical experience in this field were analyzed to determine the advantages and limitations of the digital tagging method in DLP systems. The findings of the study revealed that the digital tagging method proves to be an effective tool for detecting, monitoring, and controlling data flows within organizations. However, certain limitations were identified, such as implementation complexity and the possibility of bypassing protection measures. Based on the obtained results, recommendations are provided for the optimal use of this method to ensure maximum data security in DLP systems.

Keywords: DLP, digital tags, data security, confidentiality.

Виклад основного матеріалу. У сучасному цифровому світі безпека даних є однією з найбільш актуальних проблем. Досягнення ефективного захисту конфіденційної інформації є важливим завданням для багатьох організацій. Одним з методів захисту даних є використання цифрових міток в DLP системах. У даній роботі проводиться аналіз методу цифрових міток в контексті їх використання в DLP системах. Нашою задачею є аналіз ефективності методу цифрових міток, визначення його переваг і обмежень.

Мета роботи – виявлення потенційних переваг та обмежень методу цифрових міток у DLP системах, а також надання рекомендацій з їх впровадження.

В контексті застосування методу цифрових міток в системах запобігання витоку даних слід почати з огляду його основних принципів, до яких відносяться: міткування даних, класифікація даних, моніторинг та аналіз, керування доступом, захист від втрати даних. Ці принципи формують основу для ефективного застосування цього методу у DLP системах, забезпечуючи захист конфіденційної інформації та виявлення потенційних загроз безпеці даних [1].

Як і будь-які інші методи виявлення конфіденційної інформації в DLP системах, метод цифрових міток має свої переваги та недоліки, враховуючи які можна забезпечити ефективний та гнучкий захист чутливої інформації. До основних переваг використання цього методу, які сприяють підвищенню безпеки даних слід віднести ефективне виявлення чутливої інформації, гнучкість налаштування політик безпеки, автоматизація процесів захисту даних та зменшення ризику витоку інформації [2]. Однак існують певні обмеження та складності у впровадженні методу цифрових міток, зокрема, складність точної класифікації даних, наявність обхідних шляхів захисту та певні вимоги до інфраструктури. Урахування цих обмежень дозволить організаціям ефективно планувати та реалізовувати стратегії захисту даних з використанням методу цифрових міток, забезпечуючи максимальний рівень безпеки та захисту інформації.

Щодо практичних аспектів впровадження методу цифрових міток, запорукою успіху є вибір оптимальної стратегії міткації даних, вибір програмного забезпечення DLP, процес навчання та підготовки персоналу. Серед основних стратегій виділяють класифікацію за типом даних, класифікацію за рівнем конфіденційності, міткування на основі змісту. Щодо вибору програмного забезпечення DLP існує багато варіантів, найвідоміші з яких Symantec Data Loss Prevention та McAfee Total Protection for DLP. Ще одним важливим аспектом впровадження DLP систем є процес навчання та підготовки персоналу, це і теоретична освіта, практичні навички, профільні курси та тренінги. Вибір оптимальної стратегії, програмного забезпечення та дотримання певних правил для підготовки персоналу

дозволяють організаціям успішно впроваджувати метод цифрових міток, забезпечуючи ефективний захист конфіденційної інформації та відповідаючи вимогам сучасних стандартів безпеки даних. Наразі відомо про успішне використання методу цифрових міток у різних секторах, таких як фінансовий, медичний та технологічний. У фінансовому секторі цей метод використовується для захисту конфіденційної інформації клієнтів, такої як банківські реквізити, фінансові звіти та особисті дані. У медичному секторі метод цифрових міток використовується для захисту медичних записів пацієнтів, які містять конфіденційну інформацію про їхнє здоров'я та особисті дані. У технологічному секторі цифрові мітки використовуються для захисту конфіденційної інформації про продукти, патенти, інтелектуальну власність та інші важливі дані [3]. Ці приклади демонструють, як метод цифрових міток успішно впроваджується в різних секторах для захисту конфіденційної інформації та забезпечення дотримання регуляторних вимог. Використання цього методу допомагає зменшити ризики витоку даних та покращити загальний рівень безпеки в організаціях.

Висновки. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що метод цифрових міток є ефективним засобом контролю та захисту конфіденційної інформації в DLP системах. Використання цього методу дозволяє організаціям класифікувати дані, встановлювати рівні конфіденційності та контролювати доступ до них, що сприяє зменшенню ризиків витоку даних та забезпечує відповідність регуляторним вимогам щодо захисту інформації. Проте, для подальшого вдосконалення методу цифрових міток, можна розглянути наступні шляхи: покращення точності класифікації даних, застосування штучного інтелекту та машинного навчання, розвиток інтеграції з іншими системами безпеки, розробка інтерактивних інтерфейсів користувача. Ці шляхи подальшого вдосконалення можуть покращити ефективність та універсальність, що дозволить забезпечити ще надійніший захист конфіденційної інформації в організаціях.

Список використаних джерел

1. Matthee M. Tagging Data to Prevent Data Leakage (Forming Content Repositories). Global Information Assurance Certification Paper. 2016. Retrieved. URL: <https://www.giac.org/research-papers/36967>.
2. Herrera Montano, I., García Aranda, J.J., Ramos Diaz, J. et. Survey of Techniques on Data Leakage Protection and Methods to address the Insider threat. Cluster Computing. 2022. №25. С. 4289-4302. DOI: 10.1007/s10586-022-03668-2.
3. Hauer, Barbara. Data and Information Leakage Prevention Within the Scope of Information Security. IEEE Access. 2015. Vol. 3. С. 2554-2565. DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2506185.

ПРИМІТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ СКІНЧЕННОГО ПОЛЯ КВАДРАТНИХ МАТРИЦЬ ПОРЯДКУ 2 ДЛЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Щерба А.І., Фауре Е.В., Халявка В.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою цієї роботи є розробка та застосування підходу до визначення примітивних елементів скінченного поля квадратних матриць порядку 2. Об'єктом дослідження є процеси формування скінчених полів квадратних матриць і їх застосування в криптографії, зокрема асиметричній. Предметом дослідження є скінченні поля квадратних матриць порядку 2 та їх примітивні елементи. Праця дає відповідь на питання про методику знаходження і кількість примітивних елементів поля матриць.

Ключові слова: матриця, криптографія, поле Гауа, скінченне поле, примітивний елемент.

PRIMITIVE ELEMENTS OF THE FINITE FIELD OF SQUARE MATRICES OF ORDER 2 FOR CRYPTOGRAPHIC APPLICATIONS

Shcherba A., Faure E., Khaliavka V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of this paper is to develop and apply an approach to determining primitive elements of the finite field of square matrices of order 2. The object of research is the processes for generating finite fields of square matrices and their application in cryptography, in particular asymmetric. The subject of research is finite fields of square matrices of order 2 and their primitive elements. The paper gives an answer to the question about the method for finding primitive elements of the matrix field, as well as their number.

Key words: matrix, cryptography, Galois field, finite field, primitive element.

Вступ. Комутативні операції в скінченних полях відіграють базову роль у алгоритмах криптографічного перетворення інформації, широко застосовуваних у сучасних інформаційно-комунікаційних системах, smart технологіях, інтернеті речей. Зокрема, комутативні криптографічні перетворення використовують процедури узгодження ключів, асиметричне шифрування, трьохетапні криптографічні протоколи.

Одними з класичних криптографічних схем, які використовують комутативне перетворення піднесення до степеня в модульній арифметиці (скінченному полі лишків за модулем p), є протокол узгодження ключа Діффі-Хеллмана [1], RSA [2], криптосистема Мессі-Омури [3].

Актуальність досліджень з пошуку комутативних криптографічних перетворень зберігається й сьогодні. Алгоритми, стійкість яких базується на обчислювальній складності процедур факторизації та дискретного логарифмування, не захищені від атак з використанням квантових комп'ютерів і можуть бути зламані за поліноміальний час [4].

Працю [5] спрямовано на виявлення та дослідження сімейств квадратних матриць з комутативною операцією множення. Матриці обмежено розмірністю 2×2 , а їх елементи належать простому полю лишків.

Показано, що комутативною (абелевою) групою за множенням є сімейство матриць

$$CGL_{b,k}(2, Z_p) = \left\{ t \cdot \begin{pmatrix} a & 1 \\ b & a+k \end{pmatrix}, s \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, t, s, a, b, k \in Z_p, t, s \neq 0, a(a+k) - b \neq 0 \right\},$$

де b, k – фіксовані параметри групи;

Z_p – просте поле лишків за модулем p .

Крім того, порядок групи $CGL_{b,k}(2, Z_p)$ для $D = k^2 + 4b \neq u^2 \in Z_p$ дорівнює $p^2 - 1$.

Праця [6] показує, що просте алгебраїчне розширення степеня 2 поля Z_p $F_{p^2} = Z_p[\sqrt{D}]$ є полем розкладання для характеристичних поліномів матриць із групи

$CGL_{b,k}(2, Z_p)$. Власні значення матриці $tA = t \cdot \begin{pmatrix} a & 1 \\ b & a+k \end{pmatrix}$ над полем $F_{p^2} = Z_p[\sqrt{D}]$

дорівнюють $\lambda_{1,2}(a, t) = \frac{t}{2}(2a + k \pm \sqrt{D})$, $t \neq 0$.

Комутативне ж сімейство матриць $CGL_{b,k}(2, Z_p)$ над полем $F_{p^2} = Z_p[\sqrt{D}]$ одночасно діагоналізоване, тобто існує матриця $C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \frac{k + \sqrt{D}}{2} & \frac{k - \sqrt{D}}{2} \end{pmatrix}$ з елементами з F_{p^2} , така, що для

кожної матриці $A \in CGL_{b,k}(2, Z_p)$ добуток $C^{-1} \cdot A \cdot C$ є діагональною матрицею:

$$C^{-1} \cdot A \cdot C = \begin{pmatrix} \lambda_1(a, t) & 0 \\ 0 & \lambda_2(a, t) \end{pmatrix} [6].$$

Сімейство матриць $F_{b,k} = \left\{ t \cdot \begin{pmatrix} a & 1 \\ b & a+k \end{pmatrix}, s \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, D = k^2 + 4b \neq u^2 \in Z_p \right\}$, де p – просте, b, k – фіксовані в Z_p , утворює поле Галуа порядку p^2 зі звичайними операціями множення та додавання матриць.

Метою цієї роботи є розробка та застосування підходу до визначення примітивних матриць $t \cdot A = t \cdot \begin{pmatrix} a & 1 \\ b & a+k \end{pmatrix}$ скінченного поля $F_{b,k}$.

Формулювання задачі. Знаходження примітивних матриць поля Галуа $F_{b,k}$ є невід’ємним компонентом для його використання в задачах криптографічних перетворень, зокрема протоколі узгодження ключа Діффі-Хеллмана.

Вирішення задачі.

Для вирішення поставленої задачі сформульовано й доведено наступні твердження.

Твердження 1. Матриця $t \cdot A = t \cdot \begin{pmatrix} a & 1 \\ b & a+k \end{pmatrix} \in F_{b,k}$ є примітивною й має порядок $p^2 - 1$

тоді і тільки тоді, коли:

- 1) довжина l послідовності $A, A^2, \dots, A^l = \delta \cdot E$ степенів матриці $A \in F_{b,k}$ дорівнює $l = p + 1$. Зауважимо, що для $n < l$: $A^n \neq s \cdot E$, де $\delta, s \in Z_p$, E – одинична матриця;
- 2) визначник матриці $\det(A)$ такий, що $t^2 \cdot \det(A)$ є примітивним елементом мультиплікативної групи поля Галуа Z_p .

Твердження 2. Існує рівно $\varphi(p+1)$ різних матриць $A_j = \begin{pmatrix} a_j & 1 \\ b & a_j+k \end{pmatrix} \in F_{b,k}$ у Z_p , $p \geq 3$, з $l = p + 1$ і $\det(A_j) \neq u^2 \in Z_p$, що визначають усі $\varphi(p^2 - 1)$ примітивні матриці $F_{b,k}$ у Z_p .

Висновок. Виконане дослідження дозволило узагальнити попередні результати праць зі створення скінченних полів квадратних матриць порядку 2. Визначені властивості примітивних елементів цих скінченних полів і підхід до їх знаходження дозволив забезпечити можливість використання полів квадратних матриць порядку 2 в криптографічних застосуваннях.

Список використаних джерел

1. W. Diffie і M. Hellman, «New directions in cryptography», *IEEE Trans. Inf. Theory*, том 22, № 6, с. 644-654, 1976, doi: 10.1109/TIT.1976.1055638.
2. R. L. Rivest, A. Shamir, і L. Adleman, «A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems», *Commun. ACM*, том 21, № 2, с. 120-126, 1978, doi: 10.1145/359340.359342.
3. J. K. Massey і J. L. Omura, «Method and apparatus for maintaining the privacy of digital messages conveyed by public transmission», US4567600, 1986
4. M. Hhan, T. Yamakawa, і A. Yun, «Quantum Complexity for Discrete Logarithms and Related Problems», 2023, doi: 10.48550/ARXIV.2307.03065.
5. A. Shcherba, E. Faure, A. Skutskyi, і O. Kharin, «Families of Square Commutative 2x2 Matrices», *CEUR Workshop Proc.*, том 3550, с. 289-296, 2023.
6. E. Faure, A. Shcherba, A. Skutskyi, і A. Lavdanskyi, «A Finite Field of Square Matrices of Order 2», *CEUR Workshop Proc.*, том 3550, с. 306-312, 2023.

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ТА ГАРАНТОЗДАТНІСТЬ КОМУНІКАЦІЙНОГО КЛАСТЕРУ В ПРОМИСЛОВОМУ ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

Ярмілко А.В., Розломій І.О., Науменко С.В.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

Анотація. Розглянуто проблему забезпечення безпеки та конфіденційності обміну інформацією в комунікаційних кластерах системи ІоТ. Зазначається, що існуючі методи забезпечення безпеки, такі як шифрування, підписи та аутентифікація, можуть бути недостатніми для ефективного захисту від сторонніх включень та зловмисного доступу до даних, які циркулюють у такій системі. Запропоновано новий підхід до створення стійких комунікаційних кластерів, який базується на комбінації безпеки обміну інформацією та надлишкового хешування для локалізації сторонніх включень в промисловому ІоТ. Розглядаються різні техніки хешування, їх вплив на швидкодію та безпеку системи, і пропонується оптимальний алгоритм для досягнення максимального рівня захисту. Також досліджуються можливі загрози безпеці в комунікаційних кластерах та пропонуються практичні рекомендації для забезпечення стійкості та безпеки обміну інформацією. Висвітлюються переваги запропонованого підходу та надають важливі рекомендації для його реалізації. Результати дослідження можуть бути використані для поліпшення безпеки в широкому спектрі додатків, де безпека та надійність є критичними аспектами, включаючи хмарні системи, мобільні додатки та інші сучасні технології з обміну даними.

Ключові слова: інформаційна безпека, комунікаційні кластери, промисловий інтернет речей, гарантоздатність, надлишкове хешування інформації.

INFORMATION SECURITY AND DEPENDABILITY OF THE COMMUNICATION CLUSTER IN THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Yarmilko A., Rozlomii I., Naumenko S.

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The issue of ensuring security and confidentiality of information exchange in communication clusters of IIoT systems was investigated. It's noted that existing security methods such as encryption, signatures, and authentication may be insufficient for effectively protecting against external intrusions and malicious access to data circulating within such a system. A new approach to creating resilient communication clusters is proposed, based on a combination of information exchange security and redundant hashing to localize external intrusions in industrial IIoT. The various hashing techniques, their impact on system performance and security was explored, and an optimal algorithm to achieve the highest level of protection was proposed. Also, the potential security threats in communication clusters and provides practical recommendations for ensuring stability and security of information exchange was examined. The advantages of the proposed approach and offer essential recommendations for its implementation was highlight. The research findings can be utilized to enhance security across a wide range of applications where security and reliability are critical aspects, including cloud systems, mobile applications, and other contemporary data exchange technologies.

Keywords: information security, communication cluster, industrial internet of things, dependability, redundant information hashing.

Виклад основного матеріалу. Розвиток інтернету речей (ІоТ) та його спеціалізованих різновидів, таких як промисловий інтернет речей (ІоТ), актуалізує питання динамічного секціонування пристроїв та комунікаційних каналів загальної системи під виконання її поточних завдань. Таким чином, у складі ІоТ-системи мають утворюватися ситуативні комунікаційні кластери з достатнім для виконання таких завдань набором ресурсів. В контексті гарантоздатності ІоТ-систем такі кластери мають забезпечувати належну стійкість. Очевидно, що її забезпечення має розглядатися в контексті гарантоздатності загальної системи, до якої вони входять, та підтримуватися належним рівнем параметрів окремих її показників, функціональної та інформаційної безпеки [1]. Комплексно вони мають забезпечити правильні та убезпечені від катастрофічних сценаріїв режими

функціонування IoT-системи, належний рівень готовності до виконання динамічно формованого переліку завдань, здатність виконати покладені завдання навіть за умови системного збою, а також її здатності до спротиву дестабілізуючим факторам з огляду на можливі зміни умов використання таких систем та інфраструктур впродовж їх життєвого циклу [2].

Мета роботи – дослідження та розробка підходу до створення стійких комунікаційних кластерів IoT, який забезпечить безпечний обмін інформацією та високий рівень захисту від сторонніх втручань.

В одній системі IoT можуть існувати кілька незалежних кластерів, які можуть перетинатися за своїм складом. Управління багатокластерними системами передбачає розробку методів та механізмів для ефективного керування цими кластерами та забезпечення безперешкодної комунікації між ними. Для досягнення цих цілей рекомендується використовувати наступні підходи: 1) механізми роутингу; 2) аутентифікацію та авторизацію; 3) шифрування та захист даних; 4) моніторинг та керування.

У межах цього дослідження розглядалася переважно проблематика, пов'язана з пунктами 2 і 3 наведеного переліку. За пропонованою методикою комунікаційний кластер IoT-системи комплектується різними механізмами забезпечення безпеки та надійності. Захист даних включає автентифікацію та контроль доступу, щоб перевірити ідентичність та дозволити пристроїв-користувачів. Хешування використовується для створення унікальних хеш-кодів, які дозволяють перевірити цілісність даних. Шифрування використовується для захисту конфіденційності даних шляхом перетворення їх у криптографічно стійку форму. Кожен компонент має свої внутрішні процеси та використовує відповідні ключі або алгоритми для забезпечення безпеки та надійності комунікаційних кластерів.

В ході практичної реалізації запропонованої методології було розроблено дві реалізації інструменту захисного кодування: мовами C# та Python. Тести з обробки повідомлень, що пересилаються поміж пристроями системи, підтвердили ефективність алгоритму при виявленні, локалізації та відновленні пошкоджених блоків інформації за умови як одиночних, так і кратних помилок.

Формування динамічних кластерів вимагає розробки спеціальних механізмів для ефективного керування, виявлення та ідентифікації вузлів, забезпечення безпеки та контролю під час зміни структури кластеру задля стабільного та надійного функціонування в системах IoT, зниження можливих ризиків та підвищення гарантоздатності системи. Забезпечення границь довіреності також є важливою складовою методології для формування окремих динамічних кластерів. Одним з ключових аспектів цієї задачі є визначення ієрархії або рівнів довіреності вузлів у кластері, що відповідає їхній ролі й функціональності та визначає привілеї та доступ до ресурсів IoT-системи.

Висновки. Практичне значення пропонованих рішень варто розглядати в контексті більш комплексних задач, оскільки підвищений рівень вимог до безпеки інформації притаманний багатьом прикладним галузям. Підвищення гарантоздатності внаслідок впровадження захисту інформації у системі IoT очікується за рахунок зростання параметрів її безвідмовності, достовірності, готовності, інформаційної та функціональної безпеки. Потенціал запропонованої методології дозволяє контролювати адресність інформаційної взаємодії у системі та підтримувати заданий рівень актуальності інформаційних повідомлень на тлі збоїв комунікаційних процесів та зловмисних атак. В цілому, це забезпечить кращі параметри резистивності (resiliency) системи IoT.

Список використаних джерел

1. Avizienis, A., Laprie, J.-C., Randell, B., Landwehr, C. Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, Vol. 1(1), 2004, pp. 11-33.
2. TR 026764, ReSIST: Resilience for Survivability in IST. Deliverable D12. Resilience-Building Technologies: State of Knowledge, September 2006. – 345 p. https://www.di.fc.ul.pt/~nuno/PAPERS/Resist_D12_Sept06.pdf.

OPTIMISING WASTEWATER TREATMENT THROUGH LABORATORY-GUIDED PROCESS AUTOMATION

Dzihora Y., Tazetdinov V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Wastewater treatment is a critical process that safeguards the environment, prevents pollution, and protects public health. The success of such a process is highly dependent on multiple factors, including wastewater characteristics, treatment process design and construction, operation parameters, maintenance practices, etc. Treated wastewater (effluent) quality shall have properties that satisfy the requirements for safe disposal according to the regulatory authorities.

One of the options for efficient wastewater treatment could be a combination of biological treatment and membrane, which combines an innovative approach and high treatment performance. However, such a system requires strict control to deliver the best result. To optimise the process, a vast amount of data should be collected using a Programmable Logic Controller (PLC), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), and laboratory analyses.

Keywords: Wastewater treatment, biological treatment, membrane separation, wastewater process automation, PLC, SCADA

Introduction. Depending on its origin and composition, wastewater requires multiple treatment steps to meet very specific discharge requirements. At the same time, while meeting regulatory requirements is an obligation, it is important to aim for higher standards or future requirements (considering the EU zero-pollution action plan) (Council of the EU, 2024; Pinasseau et al., 2010).

In the modern wastewater industry, biological treatment and membrane separation are the core processes, that are commonly used to upgrade or replace the existing conventional treatment systems. At the same time, while the combination of both technologies meets the requirements of efficient wastewater treatment, it also introduces significant challenges. The primary concern is membrane fouling, which can be caused by biological matter, particles, and inorganic salts, leading to a decrease in treatment efficiency or even a short membrane lifespan. These issues are closely related to an increase in operational costs, making the technology less viable despite its benefits.

The automation of the treatment process can be complicated since it requires accurate control over numerous variables and, therefore, requires more advanced control algorithms to ensure optimal operation. Additionally, data processing and analysis, facilitated by computer tools, allows us to understand process dependencies and identify main operational trends while reducing potential operational risk at larger scales.

The purpose of work. This publication aims to provide an automation solution for the wastewater treatment pilot plant, which combines biological oxidation and membrane solids separation steps. The treatment process was optimized by identifying key operational parameters and laboratory test. Plant automation is an essential step to reduce the required labour and achieve optimal conditions for efficient performance [1].

Treatment techniques and operation logic. The pilot plant treatment process consists of 3 main steps (Fig.1): biological treatment, membrane separation, and effluent (permeate tank) [2][2]. A mix of black and grey wastewater (already filtered from big coarse particles and debris) first enters the biological step, where it is treated from organic pollutants by being suspended on the HDPE carrier's biofilm in 2 subsequent aerated MBBR reactors. Afterward, wastewater from the overflow is transferred into the membrane bioreactor equipped with flat-sheet SiC MF membranes. Water is drawn from the MBR tank into the permeated tank through the membrane with an active surface of 0.15 m² (average flow ~3.0 m³/h). The volume of each reactor was 0.1 m³.

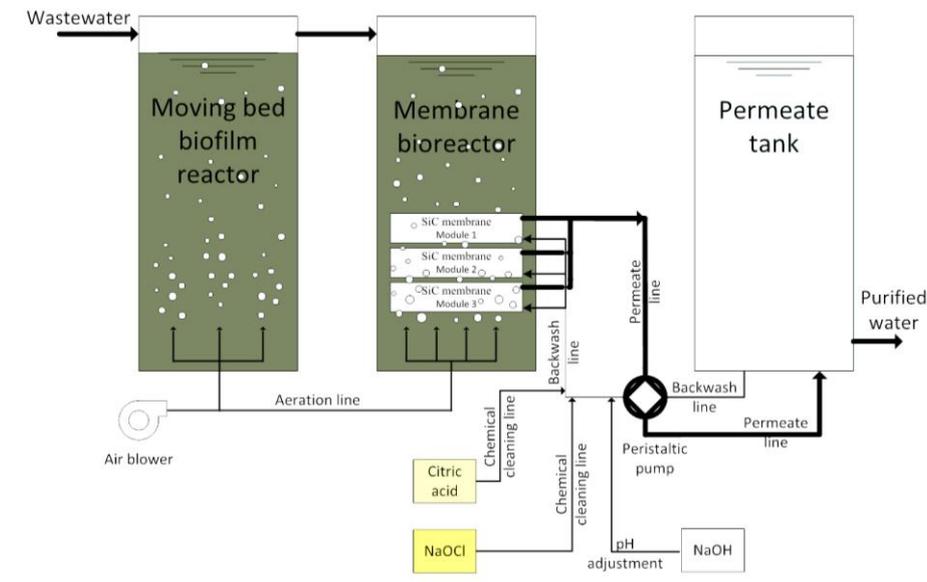


Fig. 1. Wastewater treatment installation [3]

The pilot plant was operated in filtration cycles, which included filtration, relaxation, and backwashing. To optimise system performance, multiple sensors have been installed and used during the pilot operation.

Monitoring and process parameters. All the main operational parameters were identified during the initial piloting stage, which included system adaption, process condition optimisation and laboratory tests. Based on all the obtained information, a new, improved automation system has been suggested, which includes dissolved oxygen (DO) control, pH regulation, filtration/fouling control, cycle management, sludge recycling/wastage, and chemical cleaning (Fig. 2).

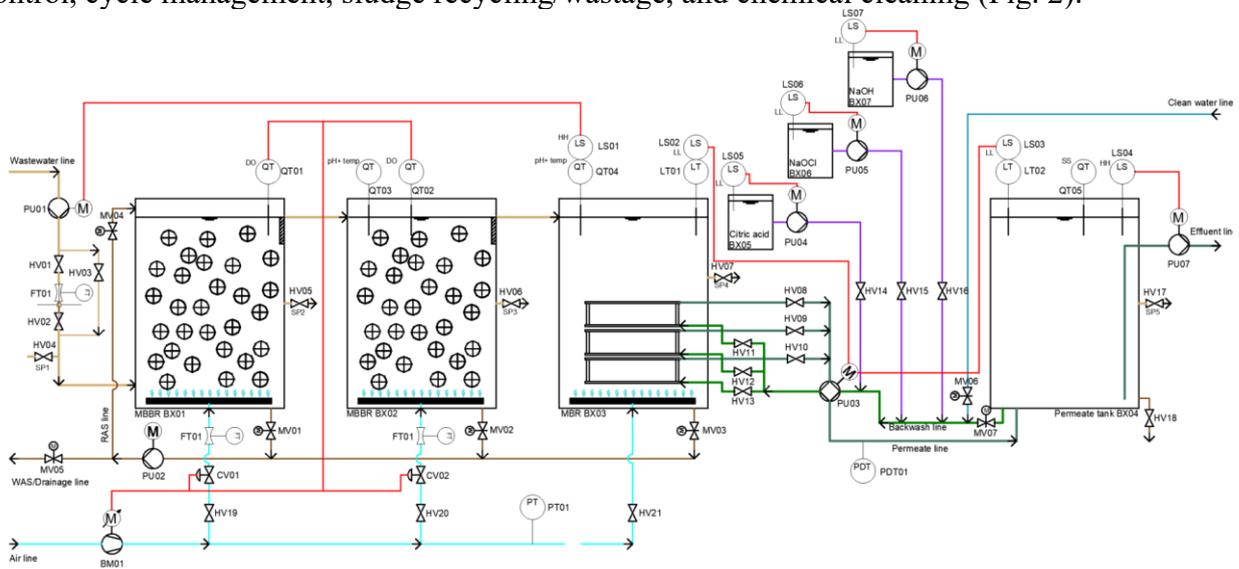


Fig. 2. Combined biomembrane wastewater treatment pilot process and instrument diagram: HV- hand valve, MV – motorized valve, CV – control valve, QT (DO) – DO probe, QT (pH + temperature) – combined probe, FT – Flow transmitter, PT – Pressure transmitter; PDT – pressure difference transmitter, LT – level transmitter, LS (HH) – high-high level switch, LS (LL) – low-low level switch, BX01-04 – operation tank/reactor, BX05-07 – chemical tank, PU – pump, BM – blower, SP – sampling point

The main focus of automatic control is to optimise the wastewater treatment process while prolonging membrane lifetime through irreversible fouling reduction [4], [5].

Hydraulic retention time control. An increase in flow influences hydraulic retention time in the reactors, hence reducing the treatment efficiency. The desired HRT was maintained by feed pump PU01 and permeate pump PU03.

Sludge retention time control. Biomass age and concentration have been controlled by operating sludge recycling (RAS)/wastage (WAS) pump PU02. The pump is running intermittently according to the preset frequency. The RAS/WAS ratio can be adjusted according to the complementary laboratory test results (MLSS and SVI).

Aeration control. The actuator automatically adjusts the airflow based on the DO level (setpoint 2-3 mg/L for efficient biomass degradation) in the MBBRs BX01 and BX02 measured by DO probes QT01-02. Control valves on the aeration tanks and pressure in the distribution pipe change the airflow. The flow rate into each reactor is measured by air flowmeters FT01-02. Airflow to the membrane tank is adjusted manually according to the desired scoring intensity based on the fouling rate.

Permeate /backwash flow control. Permeate flow/flux is to be regulated by the peristaltic pump PU03 controlled by the PID controller. The controller adjusts the motor frequency of the pump PU03 to obtain the desired flow rate. Typically, operations consist of filtration cycles, which in order include filtration, relaxation I, backwash and relaxation II:

- Sequence 1-filtration: peristaltic pump PU03 start the suction phase by creating negative pressure and forcing the wastewater from MBR tank BX03 through the membrane surface into the permeate tank BX04. During this process, all solid contaminants bigger than membrane pore size are retained on the membrane surface in the form of a thin sludge layer. The pump switches to the next sequence when the filtration sequence countdown is finished.

- Sequence 2 – relaxation: During this sequence, the pump stops its rotation, allowing the pressure to stabilize and reduce the wear of the pump.

- Sequence 3 – backwashing: After relaxation, the backwash is initiated by reversing the pump direction. The permeate water is then drawn from the clean side of the membrane, running in the opposite direction to the filtration sequence, pushing contaminants out of the membrane pores into MBR BX03.

- Sequence 4 – relaxation: Similarly to sequence 2, the pump is stopped to prevent mechanical stress.

The length of each filtration cycle and its sequences can be adjusted by the operator. Sequences then change each other according to preset timers.

Backwash liquid quality control. Backwashing can be done by using tap water or permeate. This is also can be controlled by the reading obtained from the turbidity probe installed in the permeated tank PU04.

Chemical cleaning. The automation system should alert the operator when the TMP value reaches critical values. Chemical cleaning should be performed soon after under operator supervision since inappropriate or insufficient chemical cleaning may lead to increased fouling.

Conclusions. Integrating pilot-scale wastewater treatment installation with automation and laboratory analysis provides numerous benefits, enhancing the treatment performance and ensuring the final effluent quality. The application of the SCADA system in the piloting process gives precise control of the main process parameter, which can be further fine-tuned based on the laboratory test result. Combining both approaches would save energy on aeration, reduce chemical use, prolong membrane lifetime, and therefore reduce operation costs [6].

Additionally, constant monitoring would facilitate faster response time to changes in wastewater properties or operation condition variation, making the system more adaptable. At the same time, the remote control allows users to take monitoring and control actions to mitigate or prevent critical events.

References

1. W. Zhang, N. B. Tooker, and A. V. Mueller, "Enabling wastewater treatment process automation: Leveraging innovations in real-time sensing, data analysis, and online controls," *Environmental Science:*

- Water Research and Technology*, vol. 6, no. 11. Royal Society of Chemistry, pp. 2973–2992, Nov. 11, 2020. doi: 10.1039/d0ew00394h.
2. Y. Dzihora, “Combination of Biological Treatment and Ceramic Membrane Filtration – Performance and Maintenance of the Pilot-Scale Installation,” *Journal of Ecological Engineering*, vol. 23, no. 8, pp. 21–29, 2022, Accessed: Jun. 22, 2022. [Online]. Available: <http://www.jeeng.net/Combination-of-Biological-Treatment-and-Ceramic-Membrane-Filtration-Performance-and,150722,0,2.html>
 3. Dzihora Y and Stolyarenko H, “Biological wastewater treatment in context of circular economy,” 2021.
 4. G. Ferrero, I. Rodríguez-Roda, and J. Comas, “Automatic control systems for submerged membrane bioreactors: A state-of-the-art review,” *Water Research*, vol. 46, no. 11. Elsevier Ltd, pp. 3421–3433, 2012. doi: 10.1016/j.watres.2012.03.055.
 5. B. Verrecht *et al.*, “Design, Operation and Maintenance,” 2011.
 6. Dhandapani *et al.*, “SBR SEWAGE TREATMENT PLANT AUTOMATION USING PLC AND SCADA,” vol. 54, 2022, Accessed: Apr. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/365375670>

INFORMATION TECHNOLOGY CRITERIA FOR THE QUALITY ASSESSING OF CRITICAL INFRASTRUCTURE BY SAFETY INDEXES

Rudyk Y.¹, Mykyichuk M.¹, Menshikova O.²

¹Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

²National University “Lvivska politechnika”, Lviv, Ukraine

Abstract. The aim of investigation is to analyze several calculation procedures of safety assessment method. The objective of the study is to implement an information technology solution whereby it’s possible to be extensively modified and freely extended with the necessary parameters and variables, depending on the needs. The object is a safety index assessment of critical infrastructure facility. The subject is the modeling utilizing specific safety indices that exhibit linear dependencies. Conversely, indices featuring non-linear relationships necessitate processing through IT software. However, the model’s adaptability and versatility stemming from its classification calculation procedures allow for extensive modification and augmentation with requisite parameters and variables to address varying requirements. Each of the three vectors—hazard, risk, and protection—can be adjusted to align with current research objectives and can be expanded with additional operational parameters, if needed. The degree of modification required directly impacts the depth of the modeling study during the model balancing phase.

Keywords: safety assessment, critical infrastructure, qualimetric index, calculation procedure.

Introduction. Critical infrastructure safety can be defined as a state of the hazards risk and their harmful consequences is at the acceptable level due to the fact that some of the known hazards to the safety object are absent, and adequate protection used against the existing hazards. Therefore, safety assurance should be considered as activities aimed at eliminating hazards to life and creating protection against other. Qualimetric assessment is the assignment of numerical values to objects or events, which is carried out according to certain defined rules. [1].

Single quality indexes characterise one of the properties of products (goods) and are classified into groups, one of which includes safety indexes [2, 3, 4, 5].

The purpose of the work. . An important and primary stage of this activity is assessment, which to be carried out by qualimetric methods is proposed.

Formulation of the problem. The efficiency criterion is an expression of rationality in decision-making. Therefore, when evaluating efficiency, you need to know what values are being optimized. Having identified them, it is necessary to establish how to measure the degree of achievement of these values. The next task is to combine the degree of achievement of values with specific practical activities. Finally, it is necessary to compare these results with the costs of implementing the chosen option.

Solving the problem. The term "efficiency" is one of the most commonly used and is applied in cases where a specific assessment is involved.

The selection of system efficiency criteria is one of the most important aspects of the systemic approach, which is carried out in several stages [6]:

- determination of the relationship of the system in question with the metasystem (in this case, metrological support with the manufacturing process);
- determination of the purpose of the system;
- formulation of requirements that the selected criterion must meet;
- -development and analysis of the list of indicators that the selected criterion contains with the determination of the possibility of their quantitative assessment.

In accordance with the principles of system analysis, the process of modelling a safety management system initiates the conceptual modelling stage, which allows systematic identification of the research problem and its formalized description in a conditional manner, for example, in logical and mathematical terms. In this case, the subject of conceptual modelling is a certain safety system, and the main goal is to manage effectively this safety through the accepted criterion of quality (efficiency) of the system.

Individual independent variables have different effects on the state of safety. Hazards and risk are destructive variables, as their impact is inversely proportional to the state of safety, while protective capabilities as a stimulant have a directly proportional impact on the state of safety of the subject [6]. These dependencies are illustrated in Fig. 1.

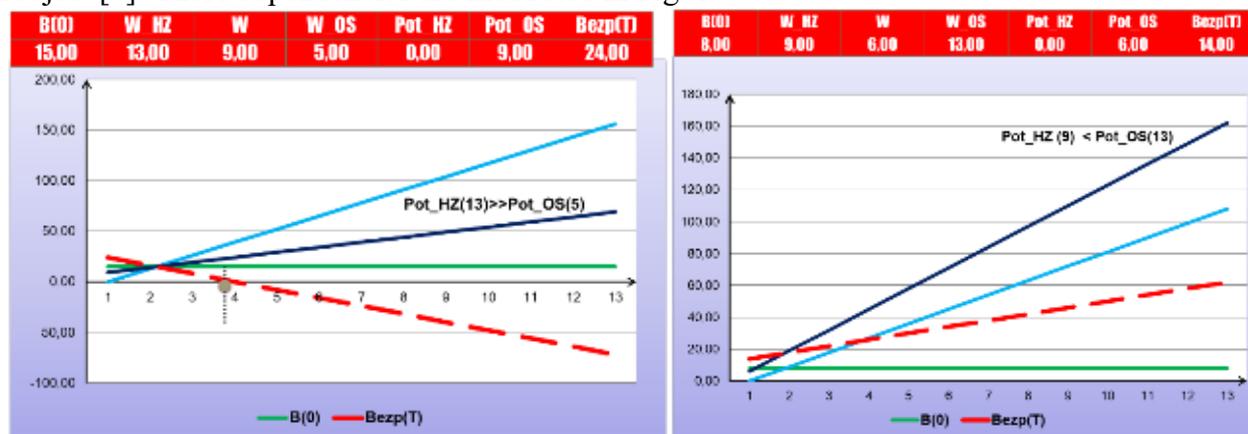


Fig. 1. Graphical results of modelling the relations of the *i*-th safety element

In the example above, the modelling was performed with selected safety indexes with linear dependencies. Other indexes with non-linear relationships can only be processed by IT software.

However, the considerable flexibility and versatility of the model concept as a result of its classification calculation procedures can be extensively modified and freely extended with the necessary parameters and variables, depending on the needs. Each of the three vectors - hazard, risk and protection - can be modified to suit the current research needs and, for example, extended with new operational parameters. The more radical the changes that need to be made, the more in-depth the modelling study requires in the model balancing stage.

Conclusion. The procedure for obtaining an integral safety indicator of quality from the construction of safety function matrices is systematized. Hence, an unbiased and objective safety assessment in the technical regulation system based on feedback in the quality infrastructure is obtained. A method for assessing the safety of qualimetry objects with direct user participation based on geographic information tools is proposed. This ensures the effective functioning of the GIS safety monitoring information system.

References

1. Bernard Wiśniewski, Gerard S. Sander Threat, Crisis and Critical Situation – Contemporary Determinants of Modern Man’s Living Conditions *BiTP* Vol. 41 Issue 1, 2016, pp. 13–18 DOI: 10.12845/bitp.41.1.2016.1.

2. Bondarenko I. V., Kutnyashenko O. I., Rudyk Yu. I., Solyonyj S. V. Modeling the efficiency of waste management. *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*. 2019. Vol. 2, № 434. P. 120–130.
3. Cafiso S. D'Agostino C. A stochastic approach to the benefit cost ratio analysis of safety treatments. *Case Studies on Transport Policy*. 2018. DOI:8. 10.1016/j.cstp.2018.07.006.
4. Cox L.A. Some limitations of 'risk = threat X vulnerability X consequence' for risk analysis of terrorist attacks. *Risk Anal* 2008; 28: 1749-1761.
5. Biggeri M., Mauro V. Towards a more 'Sustainable' Human Development Index: Integrating the environment and freedom, *Ecological Indicators*, V. 91, 2018, P. 220-231.
6. Ericson C.A., Hazard Analysis Techniques for System Safety, Wiley-VCH, 2005, Weinheim.

IMPROVING THE IMPACT OF PAPERS BY INTEGRATING LOCAL DIGITAL LIBRARIES WITH ORCID: THE ROLE OF ORCID CONSORTIUM

Shapovalov Y., Shapovalova M., Shapovalov V.
The State Scientific And Technical Library Of Ukraine

Abstract. ORCID provides a unique identifier for researchers to connect their research outputs. Integrating digital repositories with ORCID offers benefits like enhanced visibility, facilitated collaboration, and accelerated scientific discovery. This integration can be achieved through third-party services or in-house solutions. While a complex process, the advantages are significant. The ORCID consortium and resources support organizations undertaking integration, leveraging standardized practices to build a robust research ecosystem.

Keywords: ORCID, Digital Repository, Integration, Affiliation Manager, ORCID consortium.

Introduction. The visibility of the scientific papers is vital to ensure impact of scientific studies. Quantitative indicators are crucial in assessing research impact in the academic world [1]. It was proven that deposit of the paper on Academia.edu [2] and Reseachgate [3] improves those such indicators as citations and papers' views. Therefore, digital repositories are commonly used by institutions. A digital repository enables staff and other subscribers to easily access scholarly and research material generated by members of your institution [4]. Commonly, digital repositories are using name and surname to identify scientists, but it could lead to problems with author identification (that is even more crucial for countries where both, Cyrillic and Latin alphabet are used) that in turn could led to decreasing of quantitative indicators

ORCID makes research more discoverable [5], improves impact [1] and should solve problems with author identification. However, previously, ORCID implementing of approaches that automates integration of ORCID using in digital repositories was not proposed. While both digital repositories, and ORCID offer valuable tools for researchers, the integration of local digital repositories with the ORCID system is an area that requires exploration and attention. **This paper aims to** develop and implement the approach that uses affiliation manager of ORCID to improve visibility of paper located on digital repositories and decrease problems with authors identification. To reach this aim, we proposed and tested such approach in Ukraine. The developed approach will be useful not only for Ukraine, but worldwide as this problem is relevant worldwide.

Improving the impact of papers by integration of local digital libraries with ORCID. The ORCID consortium plays a significant role in accelerating ORCID adoption within research communities. Consortium lead organizations provide administrative support, manage member onboarding, develop resources, and maintain documentation. Participating organizations gain access to exclusive benefits like the Affiliation Manager tool, which simplifies affiliation data management [6].

Joining an existing consortium is often the easiest option, but ORCID assists in forming new consortia where needed. Consortium members collaborate to achieve common goals in research infrastructure and scholarly communications. The Affiliation Manager allows easy population of user records with affiliation data via CSV file uploads, streamlining the integration process. Overall,

consortium participation fosters ORCID adoption, efficient data exchange, and enhanced visibility of scholarly activities. Model of using Affiliation Manager to provide integration with ORCID is shown in Fig. 1.

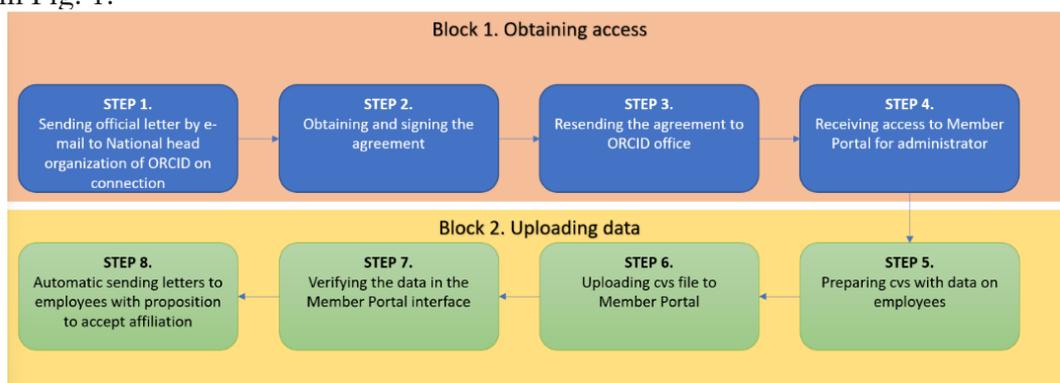


Fig. 1. Model of using Affiliation Manager

A national ORCID consortium is a group of organizations utilizing ORCID services and resources in a regional/national context, following global implementation standards. Consortium members receive benefits like Premium Member status, API keys, and access to ORCID's Affiliation Manager tool. Forming a consortium facilitates automated data exchange, improves metadata quality, ensures efficient data collection and reporting, enhances a country's research visibility, and promotes widely accepted research data management practices.

Each consortium has a leading organization responsible for administrative support, consultation for new members, employing dedicated staff, developing resources and documentation, engaging with the ORCID community, and policy development. Overall, consortia enable collaborative efforts, standardized practices, and improved research data management, contributing to a robust research ecosystem. Integrating digital repositories with ORCID in Ukraine faces technical challenges due to the complexity of the systems involved, as well as resource constraints in terms of time and finances required. There are also cultural challenges in getting researchers to adopt new working methods.

Conclusion. Integrating local digital libraries with ORCID through participation in the ORCID consortium offers advantages like exclusive tool access (e.g. Affiliation Manager) and streamlined adoption within research communities. Joining an existing consortium is recommended, but ORCID assists in forming new consortia where needed.

National ORCID consortia, composed of organizations utilizing ORCID services regionally/nationally, facilitate automated data exchange, improve metadata quality, ensure efficient data management, enhance national research visibility, and promote best practices. Each consortium has a lead organization providing administrative support, resource development, and policy governance.

While integrating digital repositories with ORCID has challenges, the benefits are significant - improved visibility, collaboration, scientific discovery acceleration. Leveraging consortium support and available resources enables overcoming complexities and contributing to a robust research ecosystem aligned with global standards. The State Scientific-Technical Library of Ukraine actively works as the national Consortium Leader towards this integration.

References

1. Baessa, M., Lery, T., Grenz, D., та ін. Connecting the pieces: Using ORCID to improve research impact and repositories. *F1000Research*. 2015. Vol. 4, No. May. C. 195.
2. Niyazov, Y., Vogel, C., Price, R., та ін. Open access meets discoverability: Citations to articles posted to Academia.edu. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11, No. 2. C. 1–23.
3. Ye, Q., Hong, H. ResearchGate, an effective way to improve the academic dissemination for highly cited researchers? *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*. 2019. Vol. 20, No. 5. C. 375–379.
4. Patel, D. C., Patel, D. U. A. Enhancing Teaching Learning Process using Digital Repositories. *International Journal of Scientific Research*. 2012. Vol. 2, No. 1. C. 122–124.
5. Subbiah, A., Madhan, M. Adopting ORCID as a unique identifier will benefit all involved in scholarly communication. *The National medical journal of India*. 2016. Vol. 29. C. 227–234.
6. ORCID Affiliation Manager: URL: <https://info.orcid.org/affiliation-manager/ORCID>.

DEVELOPMENT OF MOMENT QUALITY CRITERION AND POLYNOMIAL METHODS FOR SIGNALS DETECTION AND DISTINCTION IN NON-GAUSSIAN NOISE

Smirnov D., Zorin O., Palahina E., Palahin V.
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The authors of this paper deal with the synthesis of the new models and methods for signals detection and distinction in non-Gaussian noise. The new moment quality criterion for statistical hypothesis testing is proposed on the basis of the moment's description of random process and the formation of polynomial decision rules. It is shown that the nonlinear processing of samples (taking into account the parameters of non-Gaussian distribution of random variables such as the moments of the third and higher orders) can increase the signal processing efficiency. The generalized structure of polynomial decision rules for multiple statistical hypothesis testing is suggested. Synthesis of the effective methods and algorithms of processing the data in non-Gaussian noise are also considered in this paper.

Keywords: signal detection, moment quality criterion, higher order statistics, non-Gaussian noise.

Introduction. The advanced diagnostics, observation, monitoring and control systems are characterized by the high requirements of data quality processing, increased complexity and functionality. Based on the above mentioned factors, it is necessary to develop effective signal detection and distinction systems. In general, these systems have to deal with stochastic processes. Traditionally, the design of such systems is based on the classical methods of statistical hypothesis testing theory. As a rule, these methods do not have constraints on the use of any type of probability density function (PDF) of stochastic processes [1]. Gaussian PDF of stochastic processes is widely applied, but in many cases it does not describe the real processes with the desired accuracy and turns out to be a convenient mathematical idealization of real stochastic process [2]. The classical methods of statistical hypothesis testing theory are characterized by significant limitation of non-Gaussian signal processing and are associated with the complexity of the algorithmic implementation and increasing of computational resources[2, 3].

Another approach to describe the statistical properties of non-Gaussian processes is presented. One of the approaches is to use higher-order statistics (HOS). The partial description of random processes is used as moment and cumulant (semivariants) functions. Such functions allow us to describe the statistical properties of the non-Gaussian processes with a reasonable accuracy [2].

The purpose of the work. The main objective of the paper is the synthesis and analysis of the methods and algorithms of signal detection and distinction in non-Gaussian noise on the basis of moment and cumulant description of random variables, polynomial decision rules which are optimal by the moment quality criterion statistical hypothesis testing.

Formulation of the problem. New approach enables us to improve the accuracy of non-Gaussian signals processing as compared with the traditional methods, as well as to reduce the complexity of signals detection and distinction algorithms, to perform signal processing in additive-multiplicative and correlated non-Gaussian noise. Such approach gives us the possibility to create the effective computer toolkit for the functioning of data receiving and processing systems

Solving the problem. Let the random signals $\xi_i(t)$, $i = 1, N$ be observed in the time interval $(0, T)$. We need to define the signal processing algorithms and their characteristics of the input stochastic process $\xi_i(t)$ on the basis of decision making: a "Yes" signal $s_i(t)$ (implementation of the hypothesis H_i) or a "No" signal (implementation of the hypothesis H_0) in the input stochastic process $\xi_i(t)$, where $\xi_i(t) = s_i(t) + \eta(t)$, $\eta(t)$ – non-Gaussian stochastic process that describes the sequence of moments and cumulants.

Let us use the moment-cumulant description of $\xi_i(t)$ which is represented as a finite sequence of the moments $m_i[\{\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{i\mu}\}, \{0, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \dots, \gamma_\mu\}]$, where $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{i\mu}$ – initial moments that describe the signals characteristics, $s_i(t), \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \dots, \gamma_\mu$ – the cumulant coefficients

that describe the characteristics of non-Gaussian stationary noise $\eta(t)$ with zero mean and χ_2 variance.

According to the classical approach, the optimal Bayesian algorithm of signal detection is determined as the minimum average risk. The minimal sufficient statistic for simple hypothesis testing is defined as the likelihood ratio and can be found from $\Lambda(\mathbf{X}) = P(\mathbf{X}|H_1)/P(\mathbf{X}|H_0)$.

The solution of such problems is mainly done in the assumption of the Gaussian PDF of the random variables. In other cases, it is difficult to define the PDF and to find the solutions in the form likelihood ratio. That is why it is possible to use another approach when the likelihood ratio is represented as power polynomial function [3] and the unknown coefficients are from another moment quality criterion of statistical hypothesis testing.

Consider the problem of distinguishing signals using a new approach assuming a simple loss matrix and the appearance of equally likely hypotheses. Then likelihood ratio of statistical hypothesis testing H_g and H_r for independent random samples x_v will be represented as a power stochastic polynomial

$$\Lambda(\mathbf{X})_{sn}^{(gr)} = \sum_{i=1}^s \sum_{v=1}^n k_{iv}^{(gr)} x_v^i + k_0^{(gr)} \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix} \quad , \quad g, r = \overline{0, N-1}, \quad g \neq r, \quad (1)$$

where the unknown optimal coefficients $k_i^{(gr)}$ are defined from the minimum of moment quality criterion of statistical hypothesis testing

$$Ku(E, G)^{(gr)} = \frac{G_g^{(gr)}[\gamma] + G_r^{(gr)}[\gamma]}{(E_g^{(gr)}[\gamma] - E_r^{(gr)}[\gamma])^2}, \quad (2)$$

where $E_g^{(gr)}$, $E_r^{(gr)}$ and $G_g^{(gr)}$, $G_r^{(gr)}$ – mean and variance of DR (1) for hypothesis testing H_g, H_r , and $k_0^{(gr)}$ is chosen as average value of $E_g^{(gr)}$, $E_r^{(gr)}$.

Then the general structure the DR (1) for choosing the hypotheses H_g and H_r is proposed.

The polynomial methods and algorithms of signals distinction in non-Gaussian noise are synthesized on the basis of the moment quality criterion for multiple statistical hypothesis testing (2).

On the basis of the new methods the computer tools are created and they include the programs for any type of signals processing.

Conclusion. Methods for signal detection and distinction in non-Gaussian noise are presented. The foundation of these methods is the moment-cumulant description of random variables, the development of a moment quality criterion for statistical hypothesis testing, and power polynomial decision rules. By taking into account the moments and cumulants of the third order and higher, this approach enables the description of the characteristics of non-Gaussian stochastic processes more adequately. The accurate description of such processes and non-linear polynomial processing of sample values allow for an increase in the efficiency of signal detection and distinction compared to the well-known results for Gaussian stochastic processes.

References

1. Michael H. Herzog, Gregory Francis, Aaron Clarke (2019): Experimental Design and the Basics of Statistics: Signal Detection Theory (SDT). Springer.
2. Kunchenko, Y. (2002), Polynomial parameter estimations of close to Gaussian random variables, Germany, Aachen: Shaker Verlag.
3. Palahin, V., Zorin, O. (2023). Models and methods of RZ-signal distinction for information-measuring systems in asymmetric non-gaussian noise. Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute. 4, 78–86.

APPLICATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL SCIENTIFIC RESEARCH (ON THE EXAMPLE OF SULFUR DIOXIDE EMISSIONS RESEARCH INTO THE ATMOSPHERIC AIR OF UKRAINE)

Yelistratova L., Apostolov A., Khodorovskyi A., Tymchyshyn M.

State Institution "Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine"

Abstract. The research developed a geoinformation satellite monitoring technology for quantitative assessment of atmospheric air pollution over the territory of Ukraine. The technology is universal and allows for prompt monitoring of all greenhouse gases. This article is devoted to the complex geoinformation monitoring of sulfur dioxide. The research used data on the concentration of sulfur dioxide for 5 years: from 2019 to 2023 from the Sentinel-5P satellite product OFFL SO₂ processing level L3. The Google Earth Engine (GEE) geospatial processing service was used to calculate and obtain remote sensing data. With the help of the ArcGIS geoinformation program, maps of SO₂ distribution on the territory of Ukraine and adjacent territories were constructed. Regional areas with anomalous SO₂ content values and transboundary SO₂ transports were identified. Using the comparison of satellite and ground measurements, a comparison graph was made between these observations, and 4 aggregates were selected. The integrated use of satellite and ground data allows for a significant increase in the informativeness of the proposed technology.

Keywords: geoinformation satellite monitoring technology, sulfur dioxide, ground measurements, Ukraine

Introduction. Nowadays, humanity is developing at a tremendous pace in various fields, be it science or technology, but at the same time it forgets about ecology. Every year, people, increasing their industrial potential, pay less and less attention to the state of the environment. This cannot be done, because man is a part of the planet, just like other organisms. Environmental problems are the degradation of the environment and most often they are caused by human activity. On the one side, humans create comfort for themselves, and others - they destroy nature. Therefore, it makes sense to pay sufficient attention to information technologies in solving environmental problems. In this regard, information support for solving tasks in the field of environmental problems is extremely necessary. The basics of geoinformation technologies and their use in the field of ecology and environmental protection are given in numerous works by foreign and domestic researchers [1]-[3].

Setting the problem. Environmental problems first of all require continuous monitoring and require immediate and adequate actions, the effectiveness of which is based on the processing and provision of information. Geoinformation monitoring, which is based on the implementation of monitoring technologies through geoinformation technologies and systems, as well as problem-oriented information systems, copes well with this task.

The purpose of this work is to develop the scientific foundations of geoinformation space monitoring technology for the quantitative assessment of atmospheric air pollution over the territory of Ukraine, on the example of sulfur dioxide.

Materials and methods. In the research, the geospatial processing service Google Earth Engine (GEE) was used for processing satellite data. Data taken for 5 years: from 2019 to 2023 from the Sentinel-5P satellite, product Sentinel-5P OFFL SO₂ processing level L3, units of measurement (mol/m²). For the quantitative calculation of sulfur dioxide concentration, the channel "SO₂_column_number_density" was selected, which shows the density of sulfur dioxide in a vertical column at ground level. For the direct quantitative assessment of the concentration of sulfur dioxide in the atmosphere of Ukraine by year, a program code was written in the GEE environment.

Main part. The developed technology of geo-informational satellite monitoring for the quantitative assessment of atmospheric air pollution over the territory of Ukraine is based on the results of remote sensing (RS) data and ground-based data on changes in the average level of atmospheric air pollution. It consists of the following scientific bases (blocks): the data archive; data processing; implementation into production practice. These blocks are shown in Figure 1.

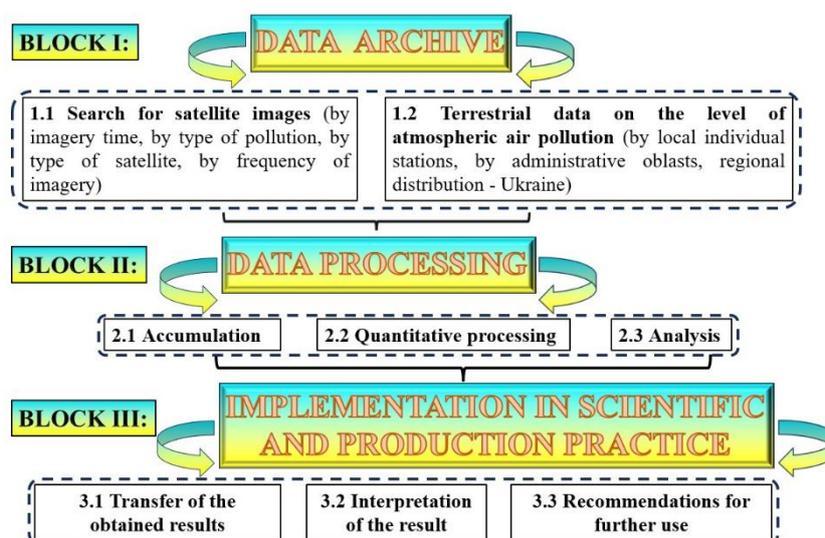


Fig. 1. Block diagram of geoinformation satellite monitoring technology for quantitative assessment of atmospheric air pollution

Based on the figure shown in Fig. 1 of the general structure of the technology in Fig. 2 shows an example of practical use for assessing the regularities of the distribution of sulfur dioxide in the atmosphere of Ukraine, namely calculations of the average concentration of SO₂ for the period from 2019 to 2021, with the selection of regional areas of abnormal values of SO₂ content, and transboundary transfer is shown.

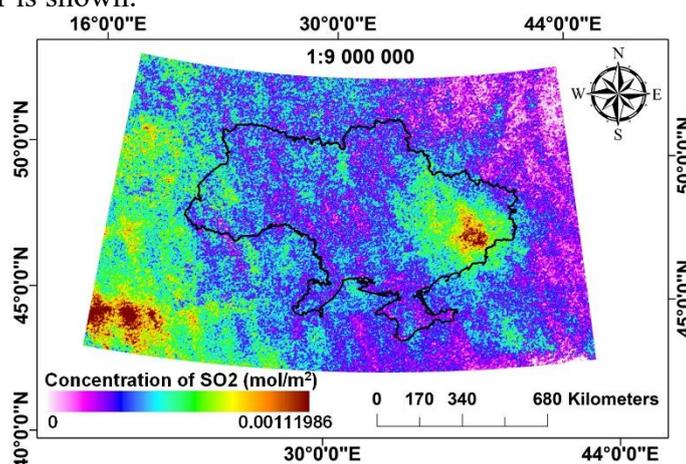


Fig. 2. Calculation of average SO₂ concentration for the period from 2019 to 2021

Conclusion. The use of GIS programs is necessary for carrying out environmental studies taking into account the remote data and ground surveys at all stages of work - information search, processing, and analysis. Without the use of appropriate GIS programs, conducting such studies is impossible. The analysis of the obtained results, which are difficult to interpret, is necessary and expedient to complement the involvement of data presented in a qualitative form.

References

1. GIS and Remote Sensing Applications in Biogeography and Ecology (2021). Eds: Millington, Andrew C.; Walsh, Stephen J.; Osborne, Patrick E. Springer New York, NY. 333 p. ISBN 978-0-7923-7454-1. doi:10.1007/978-1-4615-1523-4
2. Tymchyshyn M. A., Yelistratova L. A., Apostolov A. A., Khodorovskyi A. Ya, Zakharchuk I. V. (2023). Satellite Monitoring of Methane Content in the Atmosphere on the Territory of Ukraine. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Nov 2023, Volume 2023, p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520033>
3. Yelistratova, L., Apostolov, A., Khodorovskyi, A., & Tymchyshyn, M. (2023). Monitoring Nitrogen Dioxide (NO₂) in Environment of Ukraine based on Satellite Data. Geomatics and Environmental Engineering, 17(6), 95-110. DOI: 10.7494/geom.2023.17.6.95

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ЦИФРОВИЙ МОДЕМ З ШУМОВИМИ ГАУССОВОМИ СИГНАЛАМИ

Первунінський С.М., Олексюк В.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У роботі проведений аналіз потенційної завадостійкості багатоканального автокореляційного цифрового модему з шумовими сигналами типу білого гауссового шуму. Телекомунікаційні системи з такими сигналами відносяться до класу широкосмугових і мають підвищену захищеність від виявлення та радіоелектронної протидії завдяки рівномірному розповсюдженню спектру по виділеній смузі частот. Багатоканальна система сигналів побудова на базі бінарної структури демодулятора з шумовою несучою CDSK (Correlation delay shift keying). Аналіз завадостійкості системи сигналів виконаний з використанням методу функціонального перетворення випадкових складових у демодуляторі при застосуванні апарату характеристичних функцій. Проведений аналіз завадостійкості цифрового методу обробки багатоканального модему дає можливість проводити теоретичну оцінку потенційної завадостійкості системи, що необхідно для порівняльного аналізу систем з широкосмуговими сигналами з простою апаратною реалізацією на елементах інтегральної техніки.

Ключові слова: широкосмугова система сигналів, завадостійкість цифрового модему, випадкові процеси, характеристична функція.

MULTICHANNEL DIGITAL MODEM WITH NOISY GAUSSIAN SIGNALS

Pervuninsky S., Oleksiuk V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The paper analyzes the potential bit error rates of a multi-channel autocorrelation digital modem with noise signals of the white Gaussian type. Telecommunication systems with such signals belong to the broadband class and have increased protection against detection and radio-electronic countermeasures due to the uniform spread of the spectrum over the allocated frequency band. The multi-channel signal system is built on the basis of the binary structure of a demodulator with a noise carrier CDSK (Correlation delay shift keying). The analysis of the bit error rates of the signal system is performed using the method of functional transformation of random components in the demodulator using the characteristic functions apparatus. The conducted analysis of the interference immunity of the digital method of multi-channel modem processing makes it possible to conduct a theoretical assessment of the potential immunity of the system, which is necessary for the comparative analysis of systems with broadband signals with simple hardware implementation on elements of integrated technology.

Keywords: Broadband signal system, bit error rates of digital modem, random processes, characteristic function.

Вступ. В останні роки в теорії телекомунікацій почав розвиватись новий напрямок досліджень, присвячений питанням застосування складних сигналів з великою базою для побудови багатоканальних систем множинного доступу. Значна частина таких досліджень стосується питання використання багатопозиційних шумових, псевдо шумових та хаотичних сигналів з широкою смугою частот [1, 2]. Це пояснюється можливістю передачі інформації в таких системах з більшою швидкістю та створенням мереж зв'язку з великою просторовою щільністю трафіку. Зростання вимог до захищеності інформації, обмеженості частотного ресурсу, розвиток елементної бази радіосистем з використанням досягнень мікроелектроніки та технологій цифрової обробки сигналів, дають змогу по новому підійти до проблем розробки ефективних модемів з шумовою несучою.

Постановка задачі. В [3] запропонована структура централізованої системи множинного доступу, в якій сигнал на вході багатоканального автокореляційного демодулятора має вигляд:

$$y(t) = \xi(t) + \sum_{i=1}^K \alpha_i \xi(t - \tau_i) + n(t), t = \overline{0; T}, \quad (1)$$

де $\alpha_i \in \{-1; +1\}$ – переданий інформаційний символ i -го користувача, що відповідає логічним сигналам «0» та «1» відповідно; T – довжина символного (тактового) інтервалу; $\xi(t)$ – опорний шумовий сигнал, згенерований генератором типу «білого» гауссового шуму; K – кількість каналів в модемі; $n(t)$ – завада типу білого гауссового шуму, що додається в каналі зв'язку. На виході i -го інтегратора автокореляційного демодулятора отримується значення сигналу

$$\mathcal{G}_i = \int_0^T y(t) \cdot y(t - \tau_i) dt. \quad (2)$$

Пристрій прийняття рішення по значенню \mathcal{G}_i визначає оцінку сигналу i -го користувача $\hat{\alpha}_i = 1$, якщо сигнал на виході корелятора має додатне значення ($\mathcal{G}_i \geq 0$), інакше $\hat{\alpha}_i = -1$.

Мета роботи. Аналіз потенційної завадостійкості багатоканального цифрового модему множинного доступу з шумовими сигналами типу білого гауссового шуму при роботі по каналу з постійними параметрами, в якому діє адитивна гауссова завада.

Основна частина. Розглянемо реалізацію демодулятора з використанням цифрових алгоритмів обробки сигналів. Сигнал \mathcal{G}_i на вході порогового пристрою (на виході корелятора) i -го користувача при цифровому методі обробки, відповідно до (2) запишеться у вигляді:

$$\mathcal{G}_i = \left\langle \bar{\xi}_0 + \sum_{j=1}^K \alpha_j \cdot \bar{\xi}_j + \bar{n}_0, \bar{\xi}_i + \sum_{j=1}^K \alpha_j \cdot \bar{\xi}_{j+i} + \bar{n}_i \right\rangle, \quad (3)$$

де $\langle \bar{v}_j, \bar{s}_{j+i} \rangle = \sum_{m=1}^N v_{j,m} \cdot s_{j+i,m}$ – скалярний добуток векторів \bar{v}_j та \bar{s}_{j+i} ; $v, s \in \{\xi; n\}$, \bar{s}_{j+i} – вектор, що представляє складову $s(t_m - \tau_j - \tau_i)$.

Завадостійкість демодулятора i -го каналу визначається через щільність розподілу $\omega(\mathcal{G}_i)$ випадкової величини (ВВ) \mathcal{G}_i . Щільність розподілу $\omega(\mathcal{G}_i)$ можна знайти, використовуючи метод характеристичних функцій, що розглянуто в [4].

Проведений з використанням методу характеристичних функцій аналіз завадостійкості дозволив отримати вираз для обрахунку помилки демодуляції у вигляді:

$$P_{\text{ber}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^0 \int_{-\infty}^{\infty} \left[1 + u^2 D_n^2 \left(1 + K \frac{2h^2 \cdot K}{N(1+K)} \right)^2 - \frac{4h^4 \cdot K^2}{N^2(1+K)^2} \right] - 4juD_n \frac{h^2 \cdot K}{N(1+K)} \right]^{-N/2} e^{-jux} dudx, \quad (4)$$

де h^2 – перевищення енергії сигналу над спектральною щільністю завади.

Висновок. Отримана формула для розрахунку потенційної завадостійкості багатоканального цифрового модему з шумовими гауссовими сигналами. Розрахунки, що виконані по залежності (4), вказують, що завадостійкість розглянутої системи при збільшенні кількості каналів суттєво зменшується. Покращення завадостійкості можна досягти із застосуванням методу ортогоналізації сигналів користувачів.

Список використаних джерел

1. P. Mukherjee, C. Psomas and I. Krikidis, "Differential Chaos Shift Keying-Based Wireless Power Transfer With Nonlinearities," in IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, vol. 15, no. 5, pp. 1185-1197, 2021
2. Duan, J. Y., Jiang, G. P., Yang, H. A Novel Multiple-Access Correlation-Delay-Shift-Keying, in International Journal of Bifurcation and Chaos, vol. 27, no. 2, 2017
3. Пат. 151775 Україна, МПК Н04В 7/00. Пристрій для передачі даних шумовими сигналами від К користувачів / С. М. Первунінський, В. В. Олексюк; власник Черкаський державний технологічний університет – № U 2021 05486; заявл. 28.09.2022; опубл. 15.09.2022, Бюл. № 37.
4. Первунінський С.М., Обчислення імовірності помилки приймача методом фазоманіпульованого шумового сигналу методом характеристичних функцій./ С.М. Первунінський, Р.М. Дідковський // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. 2011. №1. С. 33-42.

THE STATES OF IRREVERSIBILITY IN THE ENERGY-RELATED MARKETS AND THEIR IDENTIFICATION

Bielinskyi A.^{1,3}, Soloviev V.^{1,2,4}, Matviychuk A.¹, Solovieva V.³, Kmytiuk T.¹, Velykoivanenko H.¹

¹Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

²Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

³State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine

⁴South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

Abstract. The energy sector plays a crucial role in a nation's economic development by addressing imbalances between production and consumption of energy resources. Numerous factors can influence the prices of oil, and fluctuations in one commodity can trigger short-term, medium-term, or long-term fluctuations in another. Interconnectedness among the commodities of the energy sector forms a highly complex, multi-parametric system characterized by simultaneously operating trends that are both contrary to previous dynamics and more predictable periods. Regimes of unpredictability exemplify the irreversibility of the studied system, and a loss of irreversibility may indicate destructive processes. Consequently, this study presents indicators-precursors of crisis events, characterized by a decrease in irreversibility as they occur. Using the example of daily West Texas Intermediate (WTI) spot prices (US\$/BBL) from January 2, 1986 to March 18, 2024, we provide an indicator that precedes crisis states in the oil market. The construction of such an indicator is based on the algorithm of permutation patterns. This study demonstrates that the irreversibility of the system can serve as a precursor to financial crises.

Keywords: irreversibility, oil market, complex systems, indicator-precursor.

Presentation of the main material. The development of the global economy is inextricably linked to the strategic resources of the crude oil markets [1]. A prevailing view holds that marginal fluctuations in energy commodity prices can stimulate global economic growth. However, drastic fluctuations in these prices necessitate that both importing and exporting nations promptly identify and address emerging issues through appropriate economic adjustments. Moreover, the sustainable development of the global economy is contingent upon the dynamics of energy-related markets. Accurate forecasting of oil prices is of paramount importance to financial institutions and private companies, as their fluctuations are a key variable in assessing risk and forecasting macroeconomic indicators.

The goal of this study is to measure the degree of irreversibility in oil market and present a perspective on using complex systems theory to develop robust and powerful indicators or indicators-precursors of possible market risks. Our research considers the West Texas Intermediate (WTI) crude oil spot price over the period from January 2, 1986 to March 18, 2024.

Time series irreversibility measure based on permutation patterns. The concept of analyzing permutation patterns (PP) was initially proposed by Bandt and Pompe [2] to provide researchers with a simple and efficient tool to characterize the complexity of dynamics in real-world systems. In contrast to other approaches, such as entropies, fractal dimensions, or Lyapunov exponents, the PP method circumvents amplitude thresholds and operates on ordinal PP rather than causal values inherent in time series dynamics. The frequencies of these patterns enable the distinction between deterministic processes and completely random ones.

The calculations of PP assume that the time series $X = \{x(i) \mid i = 1, \dots, N\}$ is partitioned in overlapping subvectors $\vec{X}(i) = \{x(i), x(i + \tau), \dots, x(i + [d_E - 1]\tau)\}$, where d_E is the length of corresponding vectors (number of elements to be compared) and τ is the embedding delay that controls time separation between elements.

After the embedding procedure, each subvector is mapped to an ordinal PP

$$\pi = \{r_0, r_1, \dots, r_{d_E-1}\} \text{ of } \{0, 1, \dots, d_E - 1\},$$

which has to fulfill the condition

$$x(i + r_0) \leq x(i + r_1) \leq \dots \leq x(i + r_{d_E-1}).$$

A compelling measure of time irreversibility based on PP can be derived by considering the relative frequencies of permutation patterns for both the initial and time-reversed series. Correspondingly, if both cases exhibit approximately equivalent probability distributions of their patterns, the time series is deemed reversible. Conversely, divergent probability distributions would indicate an irreversible time series.

For the permutation-based indicator, we will utilize the probability density functions (PDFs) of permutation patterns (PP). If our system is time-reversible, we hypothesize that the probability distributions of forward and backward time characteristics should be identical. For irreversible processes, we anticipate finding statistical non-equivalence. In accordance with [3], this deviation will be quantified through the Jensen-Shannon distance metric:

$$JS = \sqrt{[D_{KL}(p || m) + D_{KL}(q || m)]/2}, \quad (1)$$

where p corresponds to a distribution of the *retarded* characteristics and q to the distribution of the *advanced* characteristics, $m = (p + q)/2$, and $D_{KL}(\cdot)$ is the Kullback-Leibler divergence [4].

Results. Further, for measuring the degree of irreversibility in the oil market, we present the comparative dynamics of the presented indicators calculated with the usage of the sliding window approach [5-7] along with the studied series. We have tested different values of embedding dimension and time delay for permutation-based irreversibility and found that $d_E = 3$ and $\tau = 15$ gave the most adequate results.

Fig. 1 presents JS measure of PP calculated for the initial time series of WTI crude oil spot prices.

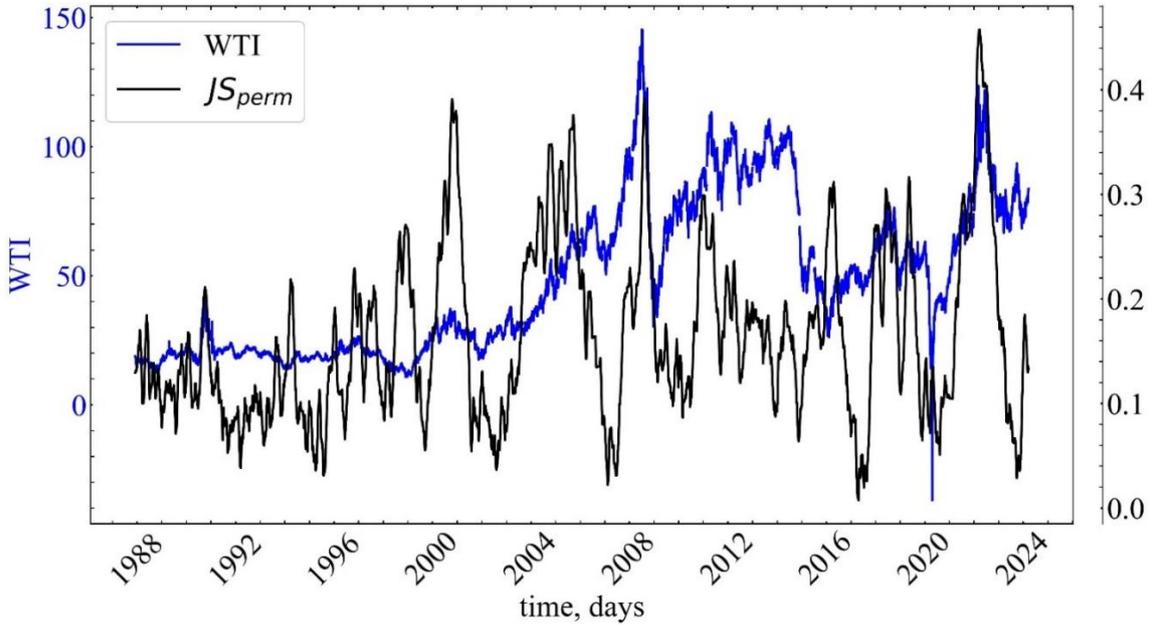


Fig. 1. The JS measure of irreversibility based on PP calculated for the WTI crude oil spot prices

Fig. 1 illustrates that irreversibility exhibits an increasing trend during the transition to crash events, indicating an escalation of nonlinearity in these regions. This observation suggests that prior to the crash period, the formation of permutation patterns becomes increasingly asymmetrical, which is indicative of an augmentation in the irreversibility indicator.

Conclusions. This study explored the application of irreversibility theory and measure on its basis that used permutation patterns. The sliding window algorithm was utilized to construct suitable indicator for monitoring variations in the dynamics of the oil market. An analysis was performed on the time series of West Texas Intermediate spot prices to investigate how

irreversibility (asymmetry) manifests itself in energy-related markets. The study demonstrated that crashes of the oil market are non-equilibrium events that can be characterized as chaotic dissipative processes with long-range correlations and nonlinear stochastic dynamics.

Acknowledgments. This work is a part of the applied research “Monitoring, Forecasting, and Prevention of Crisis Phenomena in Complex Socio-Economic Systems”, which is funded by the Ministry of Education and Science of Ukraine (project No. 0122U001694). The authors would also like to thank the Armed Forces of Ukraine for providing security to perform this work. This work has become possible only because of the resilience and courage of the Ukrainian Army.

References

1. Vandyck T. Wójtowicz K. Economic exposure to oil price shocks and the fragility of Oil-Exporting countries / T. Vandyck, A. Kitous, B. Saveyn, K. Keramidas, L.R.L. Santos // *Energies*, 2018. №11(4). P. 827. <https://doi.org/10.3390/en11040827>
2. Bandt C. Permutation entropy: a natural complexity measure for time series / C. Bandt, B. Pompe // *Phys. Rev. Lett.*, 2002. №88. P. 174102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.88.174102>
3. Grosse I. Analysis of symbolic sequences using the Jensen-Shannon divergence / I. Grosse, P. Bernaola-Galván, P. Carpena, R. Román-Roldán, J. Oliver, H.E. Stanley // *Phys. Rev. E.*, 2002. №65(4 Pt 1). P. 041905. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.65.041905>
4. Lacasa L. Time series irreversibility: a visibility graph approach / L. Lacasa, A. Nuñez, É. Roldán // *Eur. Phys. J. B*, 2012. №85. P. 217. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2012-20809-8>
5. Bielinskyi A. Econophysics of cryptocurrency crashes: a systematic review / A.O. Bielinskyi, O.A. Serdyuk, S.O. Semerikov, V.N. Soloviev // *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*, 2021. vol. 3048. ISSN 1613-0073. p. 31-133.
6. Bielinskyi A. Irreversibility of financial time series: a case of crisis / A.O. Bielinskyi, S.V. Hushko, A.V. Matviychuk, O.A. Serdyuk, S.O. Semerikov, V.N. Soloviev // *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*, 2021. vol. 3048. ISSN 1613-0073. p. 134-150.
7. Bielinskyi, A., Soloviev, V., Solovieva, V., Matviychuk, A., Hushko, S., Velykoivanenko, H. (2023). Stock Market Crashes as Phase Transitions. In: Antoniou, G., *et al.* Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1980. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48325-7_15

EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE INTENSIFICATION OF THE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR IN AZERBAIJAN

Hajiyeva N., Mammadova A., Mammadli Z., Huseynova N., Hasanova A., Hasanova S.
Azerbaijan University of Technology, Ganja, Azerbaijan

Abstract. Development problems of the agrarian sector, increasing productivity, and creating stable of important food products have been placed at the basis of the economic policy of every state. Accelerating the development of the agricultural sector in Azerbaijan and using the available opportunities are important conditions. Effectiveness of these processes, identification of the causes of the considered problems and taking of necessary measures should be consistent and include the requirements and approaches of the modern era. For this, the transparency of information and technology exchange, the expansion of the use of ICT opportunities in various fields of society and economy, including the agricultural field, should be determined, and the factors that determine the increase of its efficiency should be considered, substantiated should be implemented.

The study reflects the preparation of scientific and practical proposals for the systematization, disclosure and determination of solutions to modern problems related to increasing the economic efficiency of ICT in the agricultural sector, which is of great importance in the structure of the national economy in Azerbaijan, and the preparation and application of mechanisms in accordance with the progressive world experience. Therefore, the scientific results and practical suggestions made in the research can be used in the modeling of the development of the agricultural sector, in the development of practical mechanisms, in the

formation of conceptual approaches related to increasing the economic efficiency of ICT in increasing the productivity and efficiency level in the agricultural sector, and in the processes of preparing targeted programs and strategies.

Keywords: production, innovation, digital economy, food security, information technology.

Introduction. Currently, the agricultural sector in Azerbaijan includes quite large areas, resources and a large number of activities in terms of employment. The problems of development of various and quite important fields of agriculture in Azerbaijan make the issue of provision of this field with equipment and modern technologies as well as the creation of processing enterprises and ensuring the efficiency of processes in the production and processing chain an important factor.

Research methods. Scientific and economic methods and methods such as analysis, synthesis, generalization, complex and systematic approach were preferred in the research process. In summarizing the characteristics of theoretical and methodological approaches, in defining more progressive methods and methods, the problems of the agricultural sector, the scientific works of the scientists of Azerbaijan and foreign countries on increasing the economic efficiency of ICT in the field of strategic economy in the modern era, the priorities of the state policy and the laws of the country, other normative and legal acts, decrees and orders of the President of the country, decisions of the Cabinet of Ministers of the Republic of Azerbaijan, documents of relevant ministries, methodological materials of scientific research institutes and centers were used.

The purpose of the study. It is impossible to imagine our modern era without electronic services and digital technologies. Therefore, among the strategic tasks of our time, like many complex issues, as well as increasing the economic efficiency of ICT in the agricultural sector, intensifying the application of digital technologies, increasing productivity in all areas of activity due to these technologies, providing additional proposals for solving the efficiency problems of the agricultural sector as a whole is more of a priority.

In the world, the processes of active use of "smart" technologies have risen to the maximum attractive level for most countries, and as a result, ICT technologies are being applied in leading fields of activity. It is for this reason that the article paid special attention to the issues of increasing the economic efficiency of information and communication technologies in the agricultural field in accordance with the goals of the "Strategic Roadmap for the development of telecommunications and information technologies in the Republic of Azerbaijan" as well as "Azerbaijan 2030: National Priorities for socio-economic development". Because the agrarian sphere is an important economic sphere of strategic importance for our country, and it is no coincidence that in the period after the restoration of independence, the first large-scale reforms were carried out in this sector.

Conclusion. In the article, directions for increasing the efficiency of ICT use in the agricultural field were analyzed and theoretical-methodological approaches were systematized and evaluated in accordance with the challenges of the modern era.

The materials we prepared for the study of the ways of increasing the economic efficiency of ICT in the agricultural field, the researches we conducted allowed us to formulate a group of results. We have come to the conclusion that the efficiency issues of ICT in the development of the agricultural sector have not yet entered an intensive phase, and the implementation of targeted programs in these directions, there is a serious need to develop the development of the agricultural sector on the basis of more sustainable and different mechanisms and to expand the role of ICT in those processes. From the research, we can conclude that despite the implementation of various ICT-based projects in the agricultural sector of the country, the transformation and use of ICT in the activities of this sector, which has great resources and potential, and is also important for strengthening the food security of our country, is at a low level and currently It is not adequate to the goals of the national economic development model in the near, medium and long term, to the current global challenges, to the development priorities of the agricultural sector on scientific grounds and by ensuring high productivity, and to change this situation, it is required to take complex measures and implement targeted state programs.

References

1. Aliyev, I., Soltanli I. Problems of modernization of the agricultural sector and ensuring competitiveness. - p. 321-335. European publishing house. Baku (2017).
2. Atashov, BX Structural and efficiency problems in agrarian field (theory and practice). / BXAtashov. - Monograph. - p. 254-265. "Cooperation". Baku (2017).
3. Azerbaijan 2020: a vision of the future Development Concept: Monitoring Report on the direction of development of information and communication technologies. Center for Economic and Social Development Fund for the Development of Entrepreneurship and Market Economy Swiss Agency for Development and Cooperation.-p. 15-17. Baku (2016).
4. Azerbaijan 2030: National Priorities for socio-economic development. / – Approved by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan dated February 2, 2021.
5. Strategic Roadmap for the production and processing of agricultural products in the Republic of Azerbaijan approved by the decree of the President of the Republic of Azerbaijan on December 6, 2016. - p.100-108. Baku (2016).
6. Strategic Roadmap for the development of telecommunications and information technologies in the Republic of Azerbaijan. Approved by the Decree of the President of the Republic of Azerbaijan dated December 6, 2016.p- 59-61 p. Baku (2016).

METHODOLOGICAL FEATURES OF INCREASING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE AGRICULTURAL FIELD

Mammadov S., Mammadli Z., Hasanova A., Hasanova S., Huseynova N.
University of Technology of Azerbaijan, Ganja, Azerbaijan

Abstract. Among the sectors of the national economy with high potential and prospective development directions, the development of the agricultural sector is of great importance. The development of the agricultural sector in the national economy means, first of all, meeting the needs of the country's population for food products. At the same time, it means taking important steps in the direction of meeting the global economic problem, such as meeting the needs of the world population for food products. From this point of view, one of the main tasks of every national economy is to ensure the development of the agricultural sector based on new methods and techniques. For this purpose, active agrarian reforms should be carried out, the development of the agricultural sector should be based on intensive methods. Agrarian reforms have their own characteristics. One of the specific features of the agrarian reform is that its results are reflected in the food supply of the population and the standard of living of the population as a whole.[1]. Thus, carrying out reforms in the agrarian field means that its consequences are felt in the daily life of the society as a whole.

Keywords: Digital technology, agricultural production, national economy, financial services.

Introduction. It is known that it is not considered attractive for investors due to the long production period in agriculture, the presence of natural risks and large yield losses during the cultivation, collection and storage of agricultural products, the impossibility of automating biological processes and the difficulties in increasing productivity. The use of information technology in agriculture was mainly limited to the use of computers and software for financial management and tracking commercial transactions.

The purpose of the work. To study the methodological features of increasing the economic efficiency of information and communication technologies in the field of agriculture.

Formulation of the problem. Only recently have farms started to use digital technology to control crops, livestock and various elements of the agricultural process. Modern technologies that attract attention to agriculture by learning to fully control the production cycle due to the use of smart devices that transmit and process the current parameters of each of them by technology companies of agricultural production are developing.

Solving the problem. The integration of agricultural enterprises into a single network, the exchange and management of data based on the Internet, the increase in the productivity of

computers, the development of software and cloud platforms, the maximum automation of agricultural processes, the creation of a virtual (digital) model of the entire production cycle and chain interconnected links, it was possible to plan the work schedule with mathematical precision, take emergency measures to prevent losses during certain threats, and calculate productivity.

Methodological approaches to increase the economic efficiency of ICT in the agricultural field and the selection of methodological styles suitable for the requirements of the modern era are important conditions. Thus, there are still unsolved problems in this field, and V. I. Medennikov and a group of researchers are of the opinion that the application of ICT in the agricultural field, as ICT is used, the problems become more acute.[3, p. 70]. We believe that these problems are quite typical for Azerbaijan, and we should take into account that these issues are at the initial level in our country. On the other hand, it is considered important to determine and predict solutions to problems in the agricultural field based on ICT mechanisms. Here we are talking about the digital transformation in the agricultural sector, the level of efficiency of the application of ICT in this area, the effectiveness of the investments directed to the application of ICT[4]. That is, the costs incurred and directed investments for the purpose of organizing ICT in the agrarian field should be purposefully justified and forecasted taking into account the long-term period. In recent years, as the issues of innovative development of the agricultural sector have come to the fore, the application to ICT has become an inevitable process in all directions, and various types of ICT mechanisms and tools, first of all, models of "smart" technologies, are drawing special attention on the basis of action strategies in these directions. The main goal here is to create a special virtual working environment for the activity of an agrarian subject, to collect, store, process and efficiently use information related to business expansion and development, to create software resources for reducing the costs of product production [5, p. 362].

In modern times, the priorities of increasing the efficiency of information and communication technologies in the agricultural field are taking on a new character, and these issues need to be reconciled with global challenges, and the mechanisms of action need to be regulated. So, in our global world, the role of high technologies and ICT in general in improving the structure of the national economy and solving global problems in a systematic and consistent manner is increasing year by year. Digital technologies have become an integral part of society and national economy.

Due to the modeling of the activity of the agricultural sector in Azerbaijan, the intensification of the processes of application of digital mechanisms, and the expansion of the use of ICT, there is a great need to deeply study and reveal the neglected potential of the agricultural sector, and to implement measures to involve it in economic and financial circulation and sources of economic growth. For this, special importance should be given to the systematic study of the experience gained in similar areas of activity at the international level and the use of more advanced practice examples in the realization of priorities in the direction of increasing the economic efficiency of ICT in the agricultural field of our country. Taking into account these factors, the international experience of developing the agricultural sector based on ICT should be examined and the possibilities of applying its relevant options in Azerbaijan should be considered.

References

1. Higon, DA, Jaime G., Vargas P. Complementarities in Innovation Strategy: Do Intangibles Play a Role in Enhancing Firm Performance? // *Industrial and Corporate Change*. 2017. October. Vol. 26, Iss. 5. P. 865–886.
2. Droshnev, V.V., Kolovertnova, M.Yu., Guseva, E.P., Aganeev, I.V. Мировой опыт применения информационно-коммуникационных технологий в АПК в рискованных условия // *Izvestiya OGAU*. 2015. No. 2 (52). С. 199-202.
3. Medennikov, V.I., Muratova L.G., Salnikov S.G., Lichman A.A., Tukhina N.Yu. Teoreticheskie osnovy i metodologiya oceni effektivnosti utilizaciya informacionnogo resursa v agrarnoi ekonomika / M.: Analytik. 2015. 165 p.
4. Medennikov, V.I., Butrova, E.V. Подходы к прогнозу економическом эффекта применения данных для решения проблем сельского хозяйства (на микроуровне) // *Друкерровский вестник*. 2020. No. 3, p. 88-97.

5. Salnikov, S.G. New information technologies in rural economy: orientations for small and medium business // Nikon readings. 2006. No. 11. С. 361-363.
6. Guliyev, EA Global food security: realities, challenges and prospects. Baku: Kooperasiya, 2018. 480 p.

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ ОСВІТНЬОГО РИНКУ ТА ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лавданська О.В., Прокопенко В.А.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Організація взаємовигідної співпраці закладу вищої освіти із всіма зацікавленими групами є необхідною умовою для адаптації вищої освіти до вимог сучасного ринку праці. Надважливою частиною діяльності закладів вищої освіти в рамках такої співпраці є оптимізація інтересів зацікавлених груп. Об'єктом дослідження є процеси інформаційно-технологічного супроводу функціонування та розвитку взаємовідносин закладу вищої освіти та зацікавлених груп як складних багаторівневих систем організаційного управління. Предметом дослідження є математичні моделі механізмів формування та вдосконалення взаємодії закладу вищої освіти та зацікавлених груп. У роботі побудовано модель формування персоналізованого супроводу взаємодії суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти. Наведена модель може використовуватися для розробки методу персоналізованого супроводу взаємодії зацікавлених груп із закладом вищої освіти, що в перспективі дозволить ефективно і динамічно будувати персоналізований контент взаємодії в організаційно-технічних системах.

Ключові слова: модель, взаємодія, заклад вищої освіти, зацікавлені групи.

AN APPROACH TO BUILDING A MODEL OF INTERACTION BETWEEN EDUCATIONAL MARKET PLAYERS AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Lavdanska O., Prokopenko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Organizing mutually beneficial cooperation between higher education institutions and all stakeholder groups is a prerequisite for adapting higher education to the requirements of the modern labor market. An extremely important part of the activities of higher education institutions in the framework of such cooperation is to optimize the interests of stakeholder groups. The object of the study is the processes of information and technological support for the functioning and development of relations between higher education institutions and stakeholder groups as complex multilevel organizational management systems. The subject of the study is mathematical models of mechanisms for the formation and improvement of interaction between higher education institutions and stakeholder groups. In the paper builds a model for the formation of personalized support for the interaction of educational market actors with a higher education institution. The model can be used to develop a method of personalized support for the interaction of stakeholder groups with a higher education institution, which in the future will allow to effectively and dynamically build personalized content of interaction in organizational and technical systems.

Keywords: model, interaction, higher education institution, stakeholder groups.

Виклад основного матеріалу. Взаємодія з різними зацікавленими групами, зокрема, з потенційними роботодавцями, є ключовою для успішної адаптації вищої освіти до вимог сучасного ринку праці та забезпечення випускників необхідними навичками і знаннями. Організація взаємовигідної співпраці для всіх зацікавлених груп є процедурою, яку мають реалізовувати фахівці та експерти в галузі освіти. У закладах вищої освіти такими експертами зазвичай виступають викладачі кафедр, групи забезпечення освітніх програм, керівники та менеджмент закладів вищої освіти.

Теоретичним та методичним аспектам управління взаємодією з зацікавленими групами присвячено чимало досліджень, зокрема, таких відомих зарубіжних та вітчизняних учених як Р. Е. Фріман [1], М. Б. Е. Кларксон [2], Ю. Є. Андросюк, В. Г. Балан [3], Копилов С.,

Опалюк Т. [4], Балан В. Г., Козленко А. С. [5], Гевко І. В., Борисов В. В. [6], Жегус О. В. [6]. У дослідженнях вітчизняних науковців досить часто управління зацікавленими групами закладів вищої освіти ототожнюється із поняттям управління зацікавленими групами, які впливають на освітній процес закладу вищої освіти. Проте, надважливою частиною діяльності закладів вищої освіти є оптимізація інтересів зацікавлених груп. Виникає необхідність створення інформаційно-технологічного інструменту вдосконалення механізмів функціонування і розвитку взаємовідносин закладу вищої освіти та зацікавлених груп, у якому реалізується відповідні методи підтримки прийняття рішень з урахуванням реальних особливостей організаційної, технологічної та інформаційної взаємодії суб'єктів, в межах якого реалізується відповідна методика процесів супроводу.

Мета роботи полягає у розробці інформаційної моделі персоналізованого супроводу взаємодії суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти.

Введемо понятійний базис моделі – сукупність зацікавлених груп, їх інтересів, стратегій, а також множин коаліцій інтересів, стратегій в конфліктних ситуаціях

$$Z = \langle I, U, CU, S, CA, ST, I = \{i\}, N = \{n\} \rangle,$$

де I – множина зацікавлених груп у співпраці із закладом вищої освіти, U – множина інтересів всіх зацікавлених груп у співпраці із закладом вищої освіти, CU – сукупність зацікавлених груп зі спільними інтересами, S – сукупність чистих стратегій зацікавлених груп, CA – множина зацікавлених груп, що мають спільні стратегії та спільно діють в конфліктній ситуації, ST – множина конфліктних ситуацій.

Модель формування персоналізованого супроводу взаємодії суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти, що залежить від цілей колаборації, особливостей колаборації, стану матриці тривалості співпраці по кожній цілі, профілю зацікавленої групи та факторів соціально-економічного середовища подамо у вигляді:

$$G = f(Z, D, T, K, E),$$

де D – обраний зацікавленою групою індивідуальний персоніфікований напрям колаборації, T – часова матриця взаємодії, подана тривалістю співпраці закладу вищої освіти по кожній цілі із зацікавленою групою у межах обраного напрямку колаборації, K – квант знань про зацікавлену групу, E – фактори соціально-економічного середовища.

Висновки. В результаті виконання дослідження функціонування і розвитку взаємовідносин закладу вищої освіти та зацікавлених груп було отримано інформаційну модель формування персоналізованого супроводу взаємодії суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти. Наведена модель може використовуватися для розробки методу персоналізованого супроводу взаємодії зацікавлених груп із закладом вищої освіти, що в перспективі дозволить ефективно і динамічно будувати персоналізований контент взаємодії в організаційно-технічних системах.

Список використаних джерел

1. Freeman R., Mcvea, John. A Stakeholder Approach to Strategic Management. Oxford: Blackwell Publishing, 2001. DOI: <http://doi.org/10.2139/ssrn.263511>.
2. Clarkson M. B. E. The Corporation and its Stakeholders: Classic and Contemporary Readings. University of Toronto Press, 1998. 296 p.
3. Андросюк Ю. С., Балан В. Г. Нечітка модель управління взаємодією зі стейкхолдерами в проєкті впровадження сіркополімерів у ключові галузі економіки. Інвестиції: практика та досвід. 2022. № 3. С. 30–40.
4. Копилов С., Опалюк Т. Модель інтерактивного формату взаємовідносин університету і стейкхолдерів. *Український педагогічний журнал*. 2021. № 2. С. 20–27.
5. Балан В. Г., Козленко А. С. Формування стратегії взаємодії зі стейкхолдерами дослідницького університету на основі теорії нечітких множин. *Причорноморські економічні студії*. 2023. Вип. 79. С. 57–69.

6. Гевко І. В., Борисов В. В. Взаємодія стейкхолдерів із закладами вищої освіти в умовах оптимізації освітнього процесу. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького*. Серія: «Педагогічні науки». 2020. № 3. С. 57–63.
7. Жегус О. В. Ключові стейкхолдери закладу вищої освіти на галузевому ринку. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. Вип. 4 (15). С. 170-177.

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ В УПРАВЛІННІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Побережна З.¹, Заліський М.¹, Гончаренко Я.², Чернишов О.¹

Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Український центр оцінювання якості освіти, Київ, Україна

Анотація. У статті розглядається використання інформаційних технологій та система в управління бізнес-процесами транспортних підприємств. У роботі проведено теоретичне обґрунтування та сформована система інтегрованого інформаційного середовища транспортного підприємства, а також класифіковано основні інформаційні технології для автоматизації бізнес-процесів транспортних підприємств. Аналіз застосування інформаційних технологій засвідчив підвищення якості та ефективності функціонування транспортних підприємств, зменшення середньої помилки прийняття рішення щодо надання транспортних послуг.

Ключові слова: інформаційні технології; інформаційна система; бізнес-процеси; транспортні підприємства.

INFORMATION SYSTEMS AND THEIR ROLE IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT OF TRANSPORT ENTERPRISES

Poberezhna Z.¹, Zaliskyi M.¹, Goncharenko Y.², Chernyshov O.¹

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Center for Educational Quality Assessment, Kyiv, Ukraine

Abstract. The article examines the use of information technologies and systems in the management of business processes of transport enterprises. In the work, the theoretical justification was carried out and the system of the integrated information environment of the transport enterprise was formed, as well as the main information technologies for the automation of business processes of transport enterprises were classified. The analysis of the application of information technologies proved the improvement of the quality and efficiency of the functioning of transport enterprises, the reduction of the average error of decision-making regarding the provision of transport services.

Keywords: information technologies; information system; business processes; transport enterprises.

Вступ. Транспортні підприємства функціонують у нових економічних умовах та відчують потребу впровадження інформаційних технологій в управління їх бізнес-процесами. Ринок транспортних послуг характеризується високою конкуренцією та активним освоєнням нових напрямів, подорожчанням ресурсів поставили перед транспортними підприємствами необхідність мобілізувати всі внутрішні резерви. Саме завдяки розвитку та впровадженню інформаційних систем та технологій, транспортні підприємства забезпечують можливість автоматизації своїх бізнес-процесів і стають домінуючими на технологічно висококонкурентному ринку транспортних послуг.

Мета роботи. Метою даної роботи є підвищення якості та ефективності функціонування транспортних підприємств на основі впровадження інформаційних технологій та систем в управлінні бізнес-процесами.

Постановка задачі дослідження. Використання інформаційних технологій та системи транспортними підприємствами несуть низку корисних функцій для управління бізнес-процесами. З їхньою допомогою прискорюється процес отримання замовлень, доставки вантажів, автоматизація бізнес-процесів зменшує тривалість циклу виконання і помилок, що

призводить до зменшення затрат. Наведені у роботах [1, 2] результати аналізу автоматизації бізнес-процесів показали ефективність функціонування транспортних підприємств, підвищення фінансових результатів, зменшення затрат та підвищення продуктивності праці.

Вирішення проблеми. Глобалізація економічної діяльності та висока конкуренція ставлять перед підприємствами жорсткі вимоги щодо підвищення ефективності своєї діяльності. Доведено, що інформаційні технології відіграватимуть вирішальну роль у формуванні майбутнього підприємства та його розвитку. Таким чином, інформаційні технології є однією із можливостей досягнення бізнес-цілей. Підприємства, які правильно застосовують ці можливості зможуть забезпечити власну конкурентоспроможність. Цінність інформації полягає у її повноті, достовірності, точності, адекватності відображення ситуації та здатності задовольнити вимоги споживача. Транспортну галузь практично неможливо уявити без активного використання інформаційних технологій. Формування та організація роботи ланцюгів доставки товарів неможливі без своєчасного обміну інформацією між учасниками транспортного процесу та без реакції на зміни, що склалися на ринку. Сьогодні неможливо забезпечити необхідну якість обслуговування без застосування інформаційних систем та програмного забезпечення для аналізу та планування бізнес-процесів. Використання інформаційних технологій і систем є більш результативним, ніж нарощування технічного потенціалу. Все більш очевидною стає необхідність впровадження систем, які забезпечують контроль за бізнес-процесами транспортування, а також управління фінансовими, господарськими та трудовими ресурсами підприємства. Інформаційні технології стають центральним інструментом, який забезпечує контроль за бізнес-процесами транспортних підприємств. Саме тому, створення системи інтегрованого інформаційного середовища транспортного підприємства, що ґрунтується на використанні інформаційних технологій забезпечить ефективне управління бізнес-процесами, активізує взаємодію всіх учасників підприємства, сприятиме їх координації дій і прийнятті зважених управлінських рішень (рис. 1).

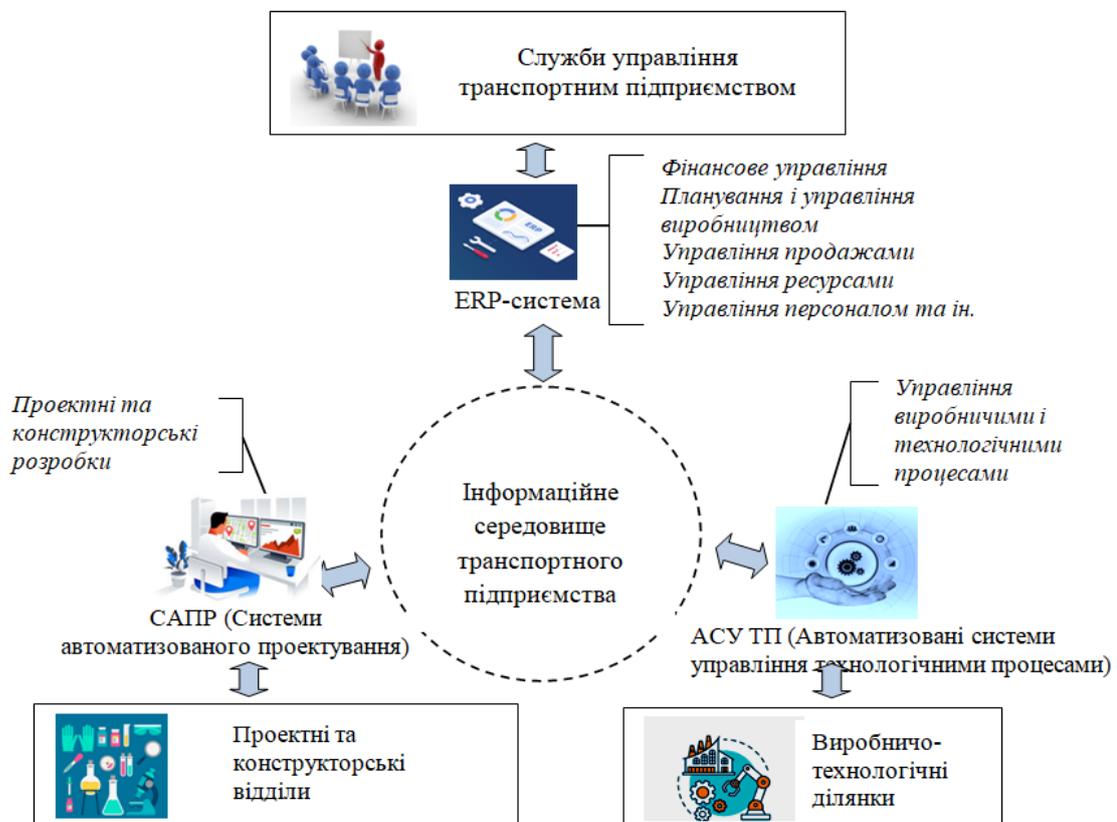


Рис. 1. Система інтегроване інформаційне середовище транспортного підприємства

Можна виділяють такі види інформаційних систем, які характерні для застосування транспортними підприємствами:

- система планування ресурсів підприємств (ERP);
- система управління відносинами із клієнтами (CRM);
- система керування ланцюгами постачання (SCM);
- системи класу Workflow;
- технології Business Intelligence [1].

Системи класу Workflow є найпрогресивнішими системами автоматизації бізнес-процесів та їх управлінням (Business Process Manager BPM-системи) як з внутрішніми, так і зовнішнім середовищем впливу на підприємство. Вони засновані на технології, що реалізує процесно-орієнтований підхід до управління підприємством. Суть цієї технології полягає в тому, що структурна одиниця транспортного підприємства розглядається як окремих підрозділ, з певним набором бізнес-процесів в яких він функціонує.

BPM-системи підтримують спеціалізовані завдання управління бізнес-процесами, а саме: процеси моделювання, управління та адміністрування, моніторинг та аналіз показників ефективності діяльності підприємства. Для транспортних підприємств забезпечують підтримку злагодженої взаємодії між основними та додатковими їх бізнес-процесами. Застосування імітаційного моделювання бізнес-процесів дозволяє перевірити наявність вузьких місць та призначити найпростіші заходи, які можна виконати перед автоматизацією. При формуванні імітаційної моделі управління бізнес-процесами необхідно визначити параметри та час виконання функцій, ймовірність виконання тих чи інших логічних умов, їх частоту, вартість, ресурси тощо. Далі на підставі імітаційної моделі можна збирати статистику та формувати список заходів щодо удосконалення бізнес-процесів транспортних підприємств. Головною метою CRM-системи є підтримка реалізації стратегії орієнтованої на відносини з клієнтами для розвитку підприємства. За допомогою CRM-технологій транспортні підприємства отримують інтегровані знання про клієнтів та використовують їх для вибудовування взаємовигідних відносин, що приносять їм у майбутньому прибуток.

Впровадження ERP-системи може оптимізувати діяльність транспортного підприємства, забезпечуючи в режимі реального часу видимість запасів, замовлень та постачання. Це дозволяє краще планувати та складати графіки, знижуючи ризик затримок та підвищуючи ефективність. За допомогою ERP-системи транспортні підприємства можуть покращити обслуговування клієнтів, надаючи клієнтам інформацію про відстеження в режимі реального часу та можливість вносити зміни до своїх онлайн-замовлень. Це може призвести до підвищення задоволеності споживачів, а також за допомогою ERP-системи забезпечується автоматизація завдань та бізнес-процесів, що підвищує ефективність та конкурентоспроможність транспортного підприємства.

Висновок. У роботі проведено теоретичне обґрунтування та сформована система інтегрованого інформаційного середовища транспортного підприємства. Встановлено, що розробка та впровадження інформаційних систем для транспортних підприємств надає позитивний вплив на їх транспортні послуги. Інформаційна система покликана вдосконалити управлінський облік підприємства, забезпечити контроль та управління ресурсами та бізнес-процесами. Оскільки транспортна галузь є однією з ключових галузей економіки країни, саме впровадження інформаційних систем дозволить забезпечити високий рівень конкурентних переваг для транспортних підприємств, що призведе до збільшення прибутку як підприємств в галузі, так і зростання економічного розвитку країни в цілому.

Список використаних джерел

1. Долгова Л.І., Ямненко Г.Є. Використання інструментарію інформаційних систем для автоматизації бізнес-процесів підприємницької діяльності. Економічний аналіз: Збірник наукових праць. 2021. Вип.2. Т.31. С.90-97.
2. Menezes, T. A Review to Find Elicitation Methods for Business Process Automation Software. *Software* 2023. 2023. Vol.2. P. 177-196.

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РИЗИКУ БАНКРУТСТВА ПІДПРИЄМСТВА

Сіньковський А.П., Триус Ю.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою дослідження є створення інформаційної технології та її реалізація як веб-орієнтованого сервісу для вирішення задачі оцінювання ризику банкрутства підприємства в режимі он-лайн на основі бізнес-процесного підходу і застосування апарату нечітких множин. Використання такого підходу дає можливість виявити симптоми кризи в кожному бізнес-процесі, оцінити їх вплив на діяльність підприємства та розробити заходи щодо їх усунення та запобігання банкрутству. Об'єктом дослідження в даній роботі є процес оцінювання ризику банкрутства підприємства. Предметом дослідження є інформаційна технологія (моделі, методи, алгоритми, засоби) оцінювання ризику банкрутства підприємства. Основне призначення системи – забезпечення комплексного аналізу ризику банкрутства підприємства шляхом динамічного поєднання кількісних та якісних показників його діяльності, виявлення симптомів кризи в різних бізнес-процесах і надання рекомендацій щодо їх усунення.

Ключові слова: модель ризику банкрутства, нечітка множина, групова експертиза, веб-орієнтована інформаційно-аналітична система, SaaS.

INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM FOR ASSESSING THE BANKRUPTCY RISK LEVEL OF ENTERPRISES

Sinkovskyi A., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is to create information technology and its implementation as a web-oriented service for solving the problem of assessing the bankruptcy risk of an enterprise in an online mode based on a business process approach and the use of fuzzy set theory. Using this approach makes it possible to identify crisis symptoms in each business process, assess their impact on the enterprise's activities, and develop measures to eliminate them and prevent bankruptcy. The object of the research in this work is the process of assessing the bankruptcy risk of an enterprise. The subject of the research is information technology (models, methods, algorithms, tools) for assessing the bankruptcy risk of an enterprise. The main system objective is to provide a comprehensive analysis of the bankruptcy risk of an enterprise by dynamically combining quantitative and qualitative indicators of its activities, identifying crisis symptoms in various business processes, and providing recommendations for their elimination.

Keywords: bankruptcy risk model, fuzzy set, group expertise, web-oriented information-analytical system, SaaS.

Виклад основного матеріалу. У роботі розроблено веб-орієнтовану систему для оцінки ризику банкрутства підприємства. Вона поєднує кількісні та якісні показники з теорією нечітких множин і групувою експертизою, надаючи користувачам засоби для управління ризиками та аналізу фінансового стану. Розроблена система дозволяє створювати моделі бізнес-ризиків та отримувати рекомендації для уникнення фінансових криз.

Мета роботи – розробка та впровадження веб-орієнтованої інформаційно-аналітичної системи (ІАС) оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства на основі бізнес-процесного підходу і застосування апарату нечітких множин.

Оцінка ризику банкрутства підприємства є однією з найважливіших складових управління бізнесом. У сучасному економічному середовищі, що характеризується високою конкуренцією та нестабільністю, важливо мати систему, яка дозволяє оперативно виявляти потенційні фінансові ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Традиційні методи аналізу фінансового стану, такі як аналіз балансу та звітності, часто недостатньо ефективні, оскільки не враховують повного спектру можливих ризиків та не відображають динаміку змін у фінансовому стані підприємства. Розробка веб-орієнтованої інформаційно-

аналітичної системи на основі принципів Software as a Service (SaaS) є одним з шляхів у напрямку удосконалення методів і засобів оцінювання ризику банкрутства підприємства.

Розроблена веб-орієнтована інформаційно-аналітична система дозволяє користувачам створювати моделі бізнес-ризиків підприємства (Bankruptcy Risk Model, BRM) (див., наприклад, [1]), обирати необхідні кількісні та якісні показники, що характеризують бізнес-процеси діяльності підприємства, серед наявних показників, зокрема запропонованих у роботі [2], оцінити їх рівень за визначеною шкалою із залученням експертів, розрахувати ступінь ризику банкрутства підприємства та отримати рекомендації щодо покращення його діяльності. Використання в системі теорії нечітких множин та методів групової експертизи дозволяє отримати комплексний аналіз фінансово-економічного стану підприємства, що є більш об'єктивним та точним у порівнянні з традиційними методами, наприклад з мультиплікативним дискримінаційним аналізом (MDA) (див., наприклад, [3]).

При цьому, важливо підкреслити, що розроблена система не лише аналізує ризики банкрутства, але й надає користувачам рекомендації щодо управління ними. Це дозволяє керівництву підприємства бути готовими до можливих кризових ситуацій та уникнути фінансових проблем у майбутньому. Більш детально з функціоналом, що реалізовано у системі, можна ознайомитися у роботі [4].

Основними компонентами ІАС є її ядро та додаткові модулі. Ядро керує діями модулів. Кожен модуль складається з власного набору мікросервісів. Модулі поділяються на дві категорії: модулі загального призначення та модулі спеціального призначення (рис. 1).

Модулі загального призначення системи можна розділити на:

1. *Модулі фільтрування та збереження даних*, отриманих від користувача. Дана група мікросервісів розгорнута на робочому комп'ютері користувача, щоб запобігти витоку даних користувача. Вони надають вхідні та вихідні дані в правильному форматі. Користувач має можливість використовувати основні функції даних мікросервісів після реєстрації та авторизації, а саме, збору даних з відповідних ресурсів і збереження в локальному сховищі користувача, побудови нових схем декларацій з автоматичним відновленням і повторним розгортанням служби декларацій. Кожна зареєстрована в ІАС компанія має можливість завантажувати дані за допомогою: API (для облікових систем, бухгалтерських програм тощо); файлів в форматах xls, csv, txt; введення даних у відповідні поля інтерфейсу користувача.

2. *Модулі підтримки*. Для підтримки основної функціональності всієї системи створено модулі підтримки. Вони забезпечують коректність отриманих результатів і роботу функціональних модулів. Основні завдання модулів підтримки: реєстрація експертів, компаній, співробітників; створення та надсилання опитування для проведення експертного оцінювання; перевірка та керування даними, отриманими від клієнта або результатів опитувань експертів; перевірка та збереження даних звітів і декларацій; керування та розрахунок згідно даних, що характеризують бізнес-процеси; розрахунок кількісних і якісних показників, передбачених відповідними методами оцінювання рівня ризику банкрутства.

3. *Функціональні модулі* є основними складовими ІАС. Функціональні модулі забезпечують процес виконання завдання, результат якого обумовлений потребою користувача. Це надає можливість більш точно досліджувати та прогнозувати діяльність підприємства за допомогою наявних модулів ІАС залежно від ролей користувачів. Система має п'ять основних функціональних модулів (сервісів) (рис. 1): сервіс керування даними (Data Managing Service); сервіс моделювання даних (Data Modeling Service); сервіс аналізу даних (Data Analytics Service); сервіс статистики даних (Data Statistics Service); сервіс планування (Planning Service).

Кожен сервіс ІАС має власний API, що спрощує процес інтеграції з іншими інформаційними системами та дає можливість комплектувати систему під потреби користувача. Основними принципами, які враховувалися у виборі інформаційних технологій при створення даного програмного продукту, були: кросплатформність, швидкість і простота

розробки та інтеграції модулів, а також максимальна концентрація на процесі створення якісно нового продукту для управління діяльністю підприємства.

Розроблена система не лише дозволяє топ-менеджерам підприємства ефективно управляти ризиками банкрутства, а й надає їм засоби для аналізу фінансово-економічного стану та уникнення можливих кризових ситуацій. Інтеграція принципів кібербезпеки в розроблену систему гарантує високий рівень захисту конфіденційності та цілісності даних, що є критично важливим для довіри користувачів до системи.

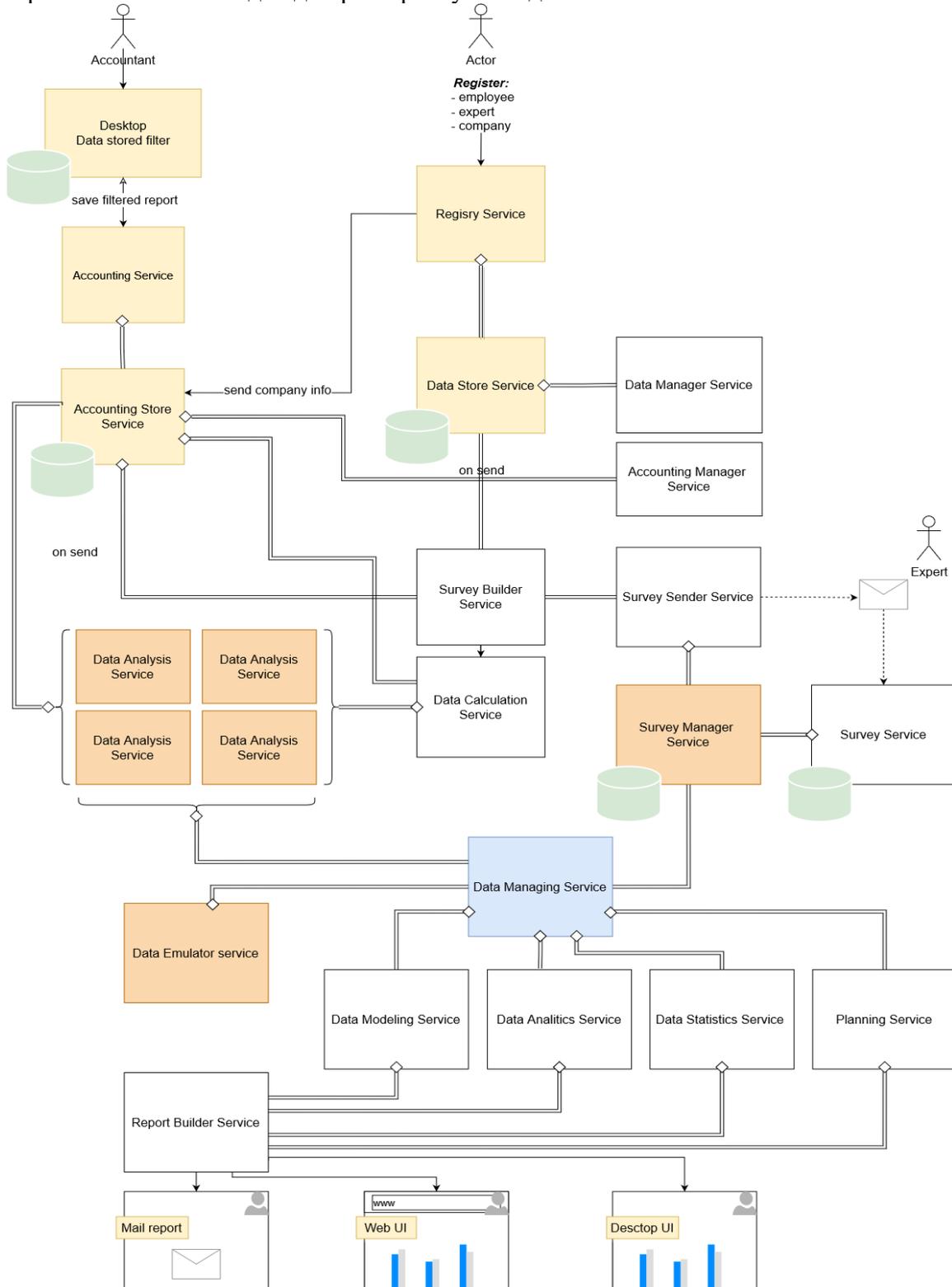


Рис. 1. Мікросервісна архітектура інформаційно-аналітичної системи (розроблено авторами)

У таблиці 1 наведено основні інформаційні технології, які використовуються для створення даного веб-додатку, використовуючи рішення SaaS.

Таблиця 1

Інформаційні технології, які використовуються при створенні веб-додатку

Рівні впровадження та доступу до даних у системі	Інформаційні технології
Backend	Java, Kotlin, Spring Framework, Spring MVC Framework, Spring Security, Spring WebFlux, Spring Boot
Object-Relational Mapping	Hibernate, Spring Data JPA
Database	PostgreSQL, Log4j, H2 in memory
Frontend	Typescript, Angular, HTML5, CSS, Jetpack Compose
Testing Frameworks	TestNg, Mockito, Selenium
Build automation system	Gradle
DevOps	Docker, Kubernetes, ELK stack, Grafana, Prometheus
Message Brokers	Apache Kafka

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає в застосуванні економіко-математичної моделі на основі апарату нечітких множин у поєднанні з процедурою групової експертизи для комплексного аналізу ризику банкрутства підприємства шляхом використання кількісних та якісних показників його діяльності, що дозволяє виявляти симптоми кризи в різних бізнес-процесах і надавати рекомендацій щодо їх усунення.

Розроблена веб-орієнтована інформаційно-аналітична система є ефективним інструментом для оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства. Вона дозволяє не лише ідентифікувати потенційні загрози, а й надає користувачам можливість створювати власні моделі бізнес-ризиків та отримувати рекомендації для управління ризиками, що робить її високоефективною у роботі з оцінювання фінансово-економічного стану підприємства.

Список використаних джерел

1. Zgurovsky, Mikhail Z., Zaychenko, Yuriy P.: The Fundamentals of Computational Intelligence: System Approach Switzerland: Springer International Publishing, XX. DOI: 10.1007/978-3-319-35162-9, 375 p. (2017).
2. Havrylenko V.O. Methodology and organization of accounting and analytical provision of crisis enterprise management. Thesis for obtaining a scientific degree of Doctor of Economics in specialty 08.00.09 "Accounting, analysis and audit (by types of economic activity)". Odessa National Economic University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2018, 648 p. (2018).
3. Altman E. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. Journal of finance, 1968, 23(4), pp. 589–609 (1968).
4. Сіньковський А.П., Триус Ю.В. Веб-орієнтована інформаційно-аналітична система оцінювання рівня ризику банкрутства // Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції з проблем вищої освіти і науки «Інформаційні технології в освіті, науці і виробництві (ІТОНВ-2023) (25-26 травня 2023 року). Луцьк: відділ іміджу та промоції ЛНТУ, 2023. С. 275-278.

ПОРІВНЯННЯ СПОСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІЗУ ЧУТЛИВОСТІ ВАРТОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ДО РИЗИКІВ

Чубук Л.¹, Жукова Ю.²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Київ, Україна

Анотація. Мета дослідження полягає у виявленні порівняльних переваг проведення аналізу чутливості вартості підприємства до факторів, що зумовлюють змінність дисконтованих грошових потоків, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Об'єктом є метод аналізу

чутливості та особливості його реалізації. Предметом дослідження є порівняльна характеристика способів реалізації методу аналізу чутливості до ризиків, з виявленням результатів впливу зміни кожного окремого параметра фінансової моделі та впливу одночасної стохастичної зміни різних параметрів фінансової моделі на ключовий показник вартості. Методи дослідження охоплюють оцінку вартості підприємства на основі дисконтування грошових потоків, аналіз чутливості та імітаційне моделювання. У дослідженні використовувались функції програмного забезпечення, а саме предиктора, визначення припущення, визначення прогнозу, симуляції зміни параметрів фінансової моделі, аналізу чутливості. Результатом є рекомендації щодо кращого способу проведення аналізу чутливості приведеної вартості грошових потоків до зміни параметрів моделі DCF.

Ключові слова: аналіз чутливості, ризик, вартість підприємства, модель дисконтованих грошових потоків.

COMPARISON OF THE METHODS OF REALIZING THE SENSITIVITY ANALYSIS OF THE ENTERPRISE'S VALUE TO RISKS

Chubuk L.¹, Zhukova Yu.²

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

²Boris Grinchenko Kyiv Metropolitan University, Kyiv, Ukraine

Abstract. The purpose of the study is to identify the comparative advantages of using specialized software for the sensitivity analysis of the enterprise value to the factors that determine the variability of discounted cash flows. The object is the method of sensitivity analysis and the peculiarities of its implementation. The subject of the study is a comparative description of the methods of implementing the method of risk sensitivity analysis, with the identification of the results of the impact of changes in each individual parameter of the financial model and the impact of simultaneous stochastic changes in various parameters of the financial model on the key value indicator. Research methods include enterprise value estimation based on discounted cash flows, sensitivity analysis, and simulation modeling. The research used the functions of the software, namely predictor, define assumption, define forecast, simulation of changes in financial model parameters, sensitivity analysis. The result is recommendations for a better way to perform sensitivity analysis of the cash flows present value to changes in the parameters of the DCF model.

Keywords: sensitivity analysis, risk, enterprise value, discounted cash flow model.

Вступ. У рамках фінансового аналізу для пошуку драйверів вартості при вартісно-орієнтованому управлінні підприємством виникають потреби виокремлення, пріоретизації параметрів моделі дисконтованих грошових потоків, які формують ринкову або внутрішню (фундаментальну) вартість підприємства. Способами знаходження найбільш чутливих до ризиків параметрів грошових потоків можуть бути різні комбінації методів кількісної оцінки ризиків. Так, при проведенні аналізу чутливості дисконтованих грошових потоків за традиційним алгоритмом із розрахунком як кінцевого показника еластичності приведеної вартості грошових потоків до зміни кожного окремого параметру фінансової моделі DCF [1], вдається виявити ті параметри, від зміни яких приведена вартість буде залежати найбільшою мірою. Однак, очевидними недоліками методу у разі його реалізації за допомогою простих таблиць MS Excel є відокремлений розгляд впливу зміни кожного окремого параметра на зміну приведеної вартості грошових потоків, а також надлишкова працемісткість (кількість операцій з розрахунку) та недостатньо добра візуалізація кінцевих результатів. Разом з тим, для якісного вирішення цього завдання можуть бути використані як способи реалізації інші спеціалізовані програмні застосунки, зокрема Oracle Crisall Ball [2]. У цьому разі аналіз чутливості є доповненням до імітаційного моделювання зміни чинників вартості підприємства. За основу для розрахунків обрано фінансову модель DCF для компанії Kernel Holding S.A., побудовану на основі даних про фінансові результати діяльності за період 2014–2023 рр. з відкритих джерел [3].

Мета дослідження. Дослідження спрямоване на розкриття порівняльних переваг проведення аналізу чутливості вартості підприємства, визначеної за методом дисконтування

грошових потоків на основі фінансової моделі DCF, до чинників ризику, з використанням програмного продукту Oracle Crisall Ball відносно звичайного здійснення розрахунків коефіцієнтів еластичності у MS Excel.

Постановка проблеми. Звичайний алгоритм аналізу чутливості та метод розрахунку коефіцієнтів еластичності приведеної вартості грошових потоків до зміни параметрів моделі DCF, який може бути реалізований за допомогою MS Excel, має ряд недоліків, що можуть бути вирішені за допомогою застосування елементів імітаційного моделювання з використанням програмного продукту Oracle Crisall Ball.

Результати дослідження. Проведення аналізу чутливості різними з технічної точки зору способами здійснювалось на основі побудованої фінансової моделі дисконтованих грошових потоків компанії Kernel Holding S.A. Вхідними даними моделі були деталізовані значення грошових потоків від операційної, інвестиційної і фінансової діяльності за період 2014–2023 рр. [3] та здійснений на їх базі прогноз вільних грошових потоків для періоду 2024–2028 рр., а також історичні значення середньозваженої вартості капіталу підприємства за ретроспективні періоди [4]. Для прогнозування використано функцію предиктора у програмі Crystall Ball. Оцінка показника ринкової (внутрішньої) вартості здійснювалась станом на 2024 р. шляхом дисконтування прогнозованих грошових потоків за ставкою дисконту на рівні середньозваженої вартості капіталу, що відповідає даті оцінки. Надалі показник приведеної вартості грошових потоків розглядався як ключовий показник при проведенні аналізу чутливості засобами MS Excel та Oracle Crystall Ball та досліджувався вплив на нього зміни основних параметрів грошових потоків та середньозваженої вартості капіталу.

Аналіз чутливості зміни вартості до зміни таких параметрів моделі DCF як грошові потоки від операційної, інвестиційної і фінансової діяльності та середньозважена вартість капіталу початково реалізовувався за допомогою шаблону MS Excel. Це передбачало зміну з кроком +10% від нормативного значення розміру кожного показника та здійснення розрахунку показника приросту вартості у відсотках порівняно із нормативним значенням, яке було реакцією на зміну параметра моделі. Граничні межі допустимих змін було визначено від -50 до +50% від нормативного значення кожного показника, а підсумкові результати темпів приросту вартості стали основою розрахунку коефіцієнтів еластичності приведеної вартості грошових потоків до зміни відповідних параметрів моделі (факторів ризику). Результати розрахунку дали змогу пріоретизувати різні чинники за ступенем їх впливу на приведену вартість. При цьому одержання кінцевих результатів потребувало тиражування значної кількості формул із посиланнями на параметри вихідної моделі DCF, а також додаткової побудови графіків або діаграм для поліпшення візуалізації.

На противагу цьому, проведення аналізу чутливості як проміжного етапу під час імітаційного моделювання у Crystall Ball відзначалось більшою зручністю проведення розрахунків та меншою кількістю дій щодо організації розрахункових операцій. На першому кроці було виділено параметри моделі, щодо яких зроблено припущення про нормальний характер розподілу ймовірнісних значень при їх імітаційних змінах. Як змінні параметри моделі визначено основні компоненти грошових потоків по роках прогнозного періоду (2024 – 2028 рр.) – чистий дохід, амортизацію, зміни робочого капіталу, капітальні витрати, повернення (погашення) боргу тощо, а також ставку дисконту – величину середньозваженої вартості капіталу. На другому кроці позначено величину приведеної вартості грошових потоків як прогнозну зміну моделі. Нарешті, на третьому кроці задано кількість імітаційних прогонів моделі та проведено експерименти. Результати імітації для аналізу чутливості вартості до стохастичної зміни параметрів моделі DCF при цьому отримано у наглядному форматі діаграми чутливості (рис. 1).

У цілому слід зауважити, що результати обох способів проведення аналізу чутливості збігаються з точки зору виявлених пріоритетів впливу зміни параметрів моделі на зміну величини вартості (операційний грошовий потік та зміни у робочому капіталі), проте метод

аналізу чутливості як супутній до імітаційного моделювання у програмі Crystal Ball має значні переваги.

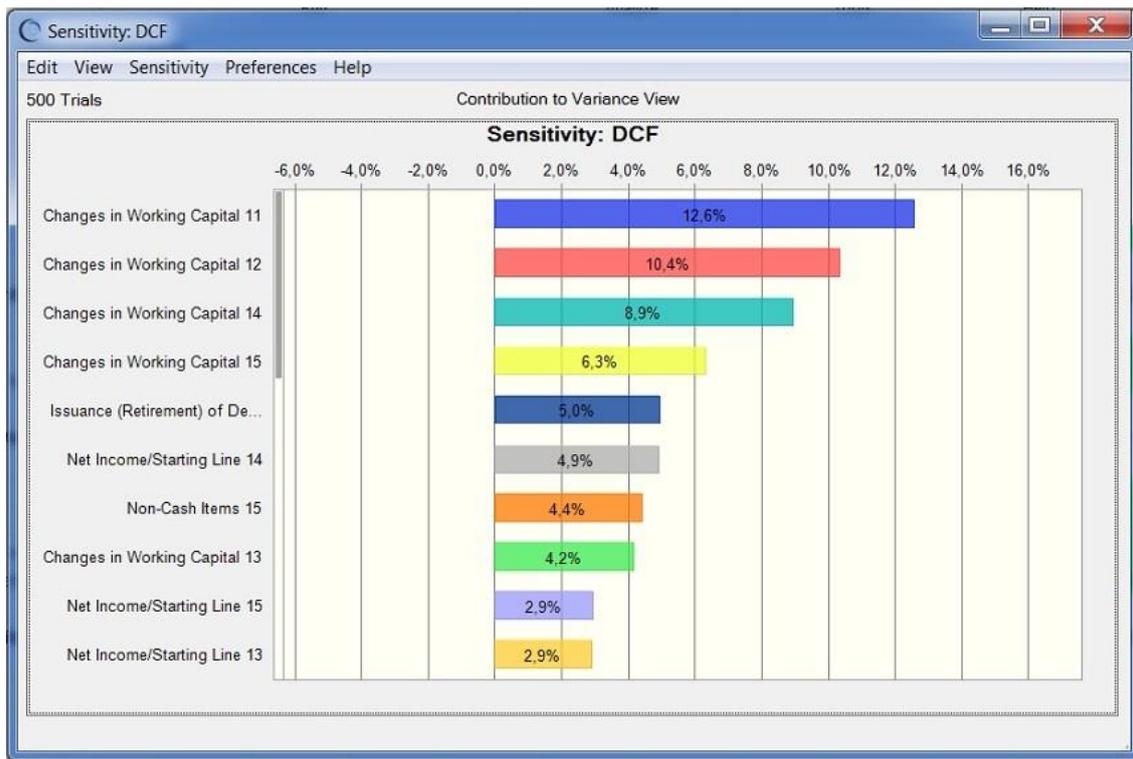


Рис. 1. Діаграма чутливості вартості компанії до зміни параметрів моделі DCF

Висновки. Проведення аналізу чутливості приведеної вартості грошових потоків до зміни параметрів моделі DCF із використанням імітаційного моделювання зміни параметрів моделі у Crystal Ball на противагу звичайному способу застосування аналізу чутливості має ряд переваг. Найважливіші серед них: менша працемісткість розрахунків, висока презентабельність та якість візуалізації результатів (діаграма чутливості), можливості переоцінки достовірності моделі та визначення впливу усіх припущень на модель, супровід результатів додатковими даними для статичного аналізу (очікувані середні значення, процентелі, коефіцієнти варіації, діаграми розподілів ймовірностей по параметрах моделі та ін.).

Список використаних джерел

1. Corporate Finance Institute. (2024). *DCF Model Template*. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/financial-modeling/dcf-model-template/>
2. Crystal Ball Feature Overviews (2024). *Risk Analysis Overview. The Sensitivity Chart*. URL: <https://www.oracle.com/middleware/technologies/crystalball.html>
3. Comprehensive Value Investing Platform. (2024, March 29). *Kernel Holding S.A. Financials. Cashflow Statement*. URL: <https://valueinvesting.io/KER.WA/financials>
4. Gurufocus. (2024, March 29). *Kernel Holding WACC % Historical Data*. URL: <https://www.gurufocus.com/term/wacc/LTS:0Q9Y/WACC-Percentage/Kernel-Holding>

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE CHANNEL CURVATURE ON THE FLOW CHARACTERISTICS IN THE CHANNEL OF SPIRAL WOUND MEMBRANE MODULES USING CFDOF

Huliienko S., Korniyenko Y., Yasenchuk V.

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

Abstract. In the pressure driven membrane processes the flow characteristics have a significant influence on the intensity of mass transfer and concentration polarization, and also on the pressure drop in apparatuses. With the development of the computer technologies computational fluid dynamics (CFD) methods became the widely used technique for the analysis of the flow regularities in such systems. The object of this study is the fluid flow process in the channels of the membrane module. The subject of study is the hydrodynamic parameters of the flow and the geometrical parameters of the channel. In the study, the comparison of the flow characteristics, primarily the pressure drops, in the hypothetical channels of the spiral wound membrane modules, in the absence of a spacer, for the cases of ring-shaped and plate geometrical shapes, was carried out. The package CFDOF for the design system FreeCAD was used for the analysis. The results of the simulation show that the difference in the pressure drop for two geometrical shapes does not exceed 3.2%, which indicates that the conditional unwinding of the membrane module in the plane is an accurate enough approximation for the considered hypothetical conditions.

Keywords: spiral wound membrane module, pressure drop, computational fluid dynamics.

Introduction. The methods of the computation fluid dynamics (CFD) are widely used for the analysis of the membrane modulus performance, in particular, for the investigation of the spacer influence on the process parameters [1, 2]. Herewith, in many cases during the consideration of the spiral wound membrane modules, they are conditionally rolled out into the plane. This operation allows to significantly simplify the creation of the geometrical models of such channels in CAD systems. However, in work [3], it was shown that the neglect of the channel curvature can cause significant errors, at least in the case of permeate channels. However, except for the channel parameters of the spacer can also affect the flow characteristics. Therefore, the determination of the influence on the accuracy of the results of the computer simulation of the flow processes in the membrane channel is an important task.

The purpose of the work is to determine the influence of the channel curvature on the value of the pressure drop in the feed membrane channel. For this purpose, the simulation of the flow in the channels of flat and ringed shape, which approximately imitates the channels of the spiral wound membrane module. For the creation of the system geometry, the program FreeCAD 021 was applied. The simulation was carried out using the workbench CFDOF, which is the OpenFOAM package integrated into FreeCAD. The program ParaView 5.10.1 was used for the visualization of the results.

Results and discussion. The results of the simulations in form of the pressure fields in flat and ring-shaped channels are shown in Figure 1. It should be noticed, that in the OpenFOAM environment the results are represented in form of the kinematic pressure, in other words, the ratio of the pressure and density. It can be seen that the distribution of the pressure in the longitudinal section are visually very similar in both cases.

For the analysis the geometrical parameters of the modules 1812 were used. The values of the velocity were chosen according to the experimental results obtained for these modules in the previous research [4].

The sets of the simulation were carried out with the aim of defining the influence of the channel parameters. The first set was carried out for the constant value of the channel length and variable values of diameters, and in the second set, the value of the channel length was varied with

constant diameter. The difference in the pressure drops for flat and ring-shaped channels did not exceed 3.2%, and it also decreased when the channel length increased (Figure 2). When the ratio of the channel length to the diameter became more than 1.0, the difference became less than 1%.

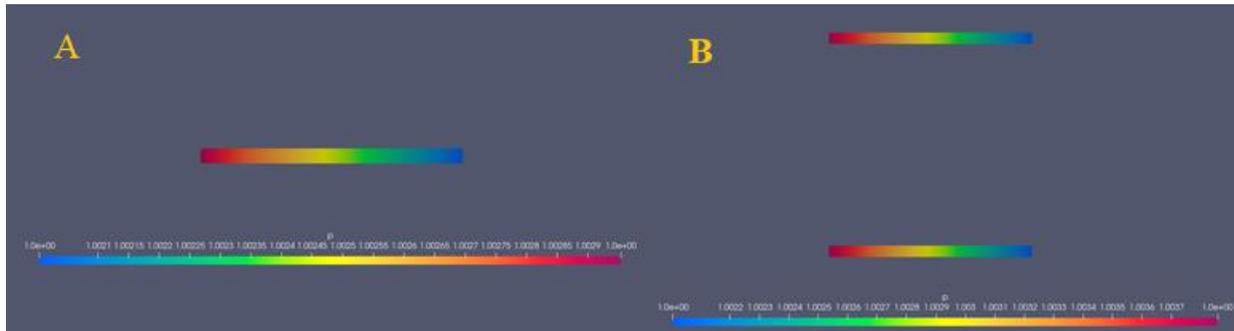


Fig. 1. The pressure fields: (A) in flat channel, (B) in ring-shaped channel

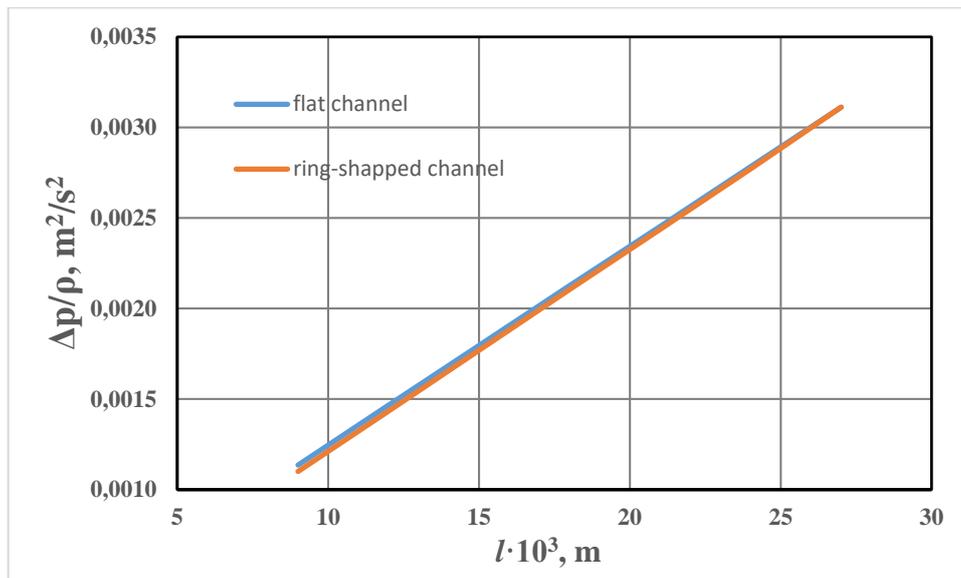


Fig. 2. The pressure drops versus the channel length

Conclusion. The results of the computer simulation of the flow in the flat and ring-shaped show that the difference in the pressure drops between both channels is not significant. Therefore, the curvature of the channel has no significant influence on the pressure drop. In this circumstance, the conditional unwinding of the membrane module in the plane is quite an accurate approximation for the flow analysis by CFD methods. At the same time, the influence of the channel length-to-diameter ratio on the values of the difference in the pressure drops was defined. This issue requires more careful investigation in the future.

References

1. Huliienko S. V., Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2020.7\(1\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2020.7(1).f1)
2. Huliienko S. V., Korniienko Y. M., Muzyka S. M., Holubka K. (2022). Simulation of reverse osmosis process: Novel approaches and development trends. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 9(2), pp. F6–F36, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2022.9\(2\).f2](https://doi.org/10.21272/jes.2022.9(2).f2)
3. Taherinejad M., Moghimi M., Derakhshan Sh. (2019). Hydrodynamic modeling of the spiral-wound membrane module including the membrane curvature: reverse osmosis case study. *Korean Journal of Chemical Engineering*. Vol. 36, pp. 2074–2084. doi: <https://doi.org/10.1007/s11814-019-0372-1>
4. Huliienko S. V., Protsiuk O. O., Gatilov K. O., Kaminskyi V. S. (2019). The estimation of feed solution composition influence on concentration polarization layer resistance during reverse osmosis. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 6(2), pp. F24–F29, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2019.6\(2\).f4](https://doi.org/10.21272/jes.2019.6(2).f4)

MODELING OF THE PHOTOSTRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN BIOPOLYMERS

Kiv A.^{1,2}, Soloviev V.^{2,3,4}, Bielinskiy A.^{4,5}, Slusarenko M.³, Korotysh V.³, Kavetskyy T.^{6,7}, Šauša O.^{7,8}, Švajdlenková H.^{8,9}, Hoivanovych N.⁶, Dyachok D.², Tuzhykov A.², Donchev I.²

¹Ben-Gurion University of the Negev, Israel

²South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odesa, Ukraine

³Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

⁴Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

⁵State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine

⁶Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine

⁷Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

⁸Comenius University in Bratislava, Bratislava, Slovakia,

⁹Polymer Institute, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

Abstract. A comprehensive theoretical and experimental study of the photostructural transformations of acrylic epoxidized soybean oil under the action of ultraviolet light has been carried out. The photopolymerization process is controlled by a free radical mechanism that starts under the influence of light quanta and leads to heating of the material due to the formation of new bonds of the polymer network. In an electric field, a dielectric relaxation process is additionally observed, which is caused by orientational defects in the local structural components of the polymer. Their contribution is estimated by analyzing the entropy of the dielectric constant time series, and the energy and structural properties are modeled using modern tools of computer materials science – machine learning interatomic potentials.

Keywords: acrylated epoxidized soybean oil, photopolymerization, dielectric relaxation, Shannon entropy, correlation integral, machine learning potentials, machine learning interatomic potentials.

Presentation of the main material. Polymers, being intricate macromolecules, embody the essence of complex systems, exhibiting hierarchical organization and emergent behaviors. In the realm of polymer science, photopolymerization stands as a quintessential process demonstrating such complexity. During photopolymerization, monomer molecules undergo radical polymerization upon exposure to light, resulting in the formation of polymer chains with distinct properties. Under the influence of an electric field, the structure changes dielectric properties, the characteristic dynamics of which contains extremely interesting and valuable information [1, 2]. Structural (electronic and atomic) changes in the polymer are manifested in the form of so-called dynamic time series (fluctuations in temperature, dielectric constant, etc.), the analysis of which by the theory of complex systems allows us to identify and predict specific states of the system [3, 4, 7].

The goal of this study. In this work, the dynamics of dielectric relaxation of the AESO:VDM photopolymerization process with and without a photoinitiator was first studied under a protocol containing intermittent on/off light with variable periods of both on and off. A feature of this protocol is the ability to simultaneously study the relatively fast photopolymerization process (tens of seconds) and the relatively slow dielectric relaxation processes.

Experimental samples of acrylated epoxidized soybean oil (AESO), sealer (vanillin dimethacrylate), and reaction accelerator – photoinitiator (2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone) [5]. The AESO fragment is shown in Fig. 1, along with the key factors of relaxation properties: acrylate, epoxy, and hydroxy.

The concentration of PI used was 3 mol%, determined based on the total molar amount of all monomers involved. AESO and DMPA were from Sigma-Aldrich, while VDM was obtained from Specific Polymers. The incorporation of VDM into AESO resulted in an elevation of the mixture's viscosity [5]. Photo-polymerization of the AESO/VDM samples was carried out using a Jaxman U1 LED light source emitting in the UV region at 365 nm. The dielectric relaxation properties were investigated by measuring the real ($\text{Re } \epsilon$) and imaginary ($\text{Im } \epsilon$) parts of the dielectric constant at frequencies of 500-5000 Hz at room temperature. Dielectric relaxation spectroscopy (DRS) is the most suitable tool for characterizing the microscopic behavior of polymer systems [1] and is one of

the most important methods for studying the structure and dynamics of polymer systems [2]. The time series of $\text{Re } \varepsilon$ and $\text{Im } \varepsilon$ were analyzed using entropy analysis.

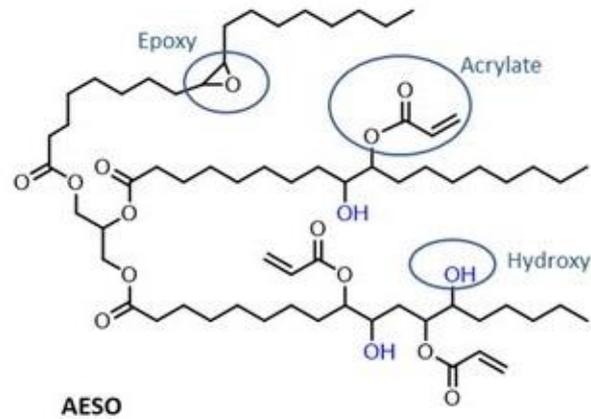


Fig. 1. Fragment of acrylated epoxy soybean oil, including main chains and side chains of acrylate, hydroxyl and epoxy groups

Entropy and correlation analysis of dielectric relaxation processes. The idea of entropy analysis is to define the average amount of information that a process transmits with each symbol [8]. Let $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ be a stationary random process associated with a probability distribution $p(\cdot)$. Information (Shannon) entropy (ShEn) for such process is defined as

$$H(X) = - \sum_{x \in X} p(x) \log p(x). \quad (1)$$

The ShEn of an information source is a measure of the uncertainty associated with this source. If there is high uncertainty in the studied signal, ShEn of the source is maximal. If there is high regularity in the studied signal's structure, then ShEn goes towards zero.

In order to construct an appropriate model of the underlying photopolymerization process, it is necessary to obtain an information about the correlation characteristics of the underlying attractor of the system. Besides the entropy approach, it is possible to study via the correlation integral introduced by Grassberger and Procaccia [9]. The correlation integral of a signal in a pseudo-phase space can be defined as

$$C(r) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{\substack{i, j=1 \\ i \neq j}}^N H(r - \|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|), \quad (2)$$

where N is the number of considered phase space vectors \vec{x} , $H(\cdot)$ is the Heaviside unit step function, r is the radius of a hypersphere in a pseudo-phase space. The higher the value of $C(r)$, the more densely the pseudo-phase space vectors adjoin each other in the boundaries of the sphere with radius r , and thus the higher is the self-organization of the studied processes.

Fig. 2 shows a typical picture of the analysis of the real part of the dielectric constant.

Discussion of the research results. The analysis of dielectric relaxation processes shows the complexity of the latter. There are several competing temperature-activated processes, which are commonly referred to as α , β ...-relaxation. The α -relaxation process is the primary relaxation process that results from the reorientation of segmental chains (main chains) in the polymer, covers a significant group of atoms, and has a clearly expressed collective character. β , γ ,...-relaxations are secondary relaxations that result from the fluctuating motion of side groups attached to polymer chains. The low-frequency α -relaxation corresponds to the rotation of the AESO side groups around the axis of the main chain, i.e., segmental or crank motion. β -relaxation is caused by the rotation of the acrylate functional group around the C-O bond that connects them to the main chain. It appears

mainly in the intermediate frequency region and has a large contribution to the dielectric loss. In addition to these main relaxation processes, AESO can also have γ -relaxation and others at higher frequencies, which are related to the rotation of the hydroxyl and epoxy groups bonded to the main chain of the AESO monomer unit.

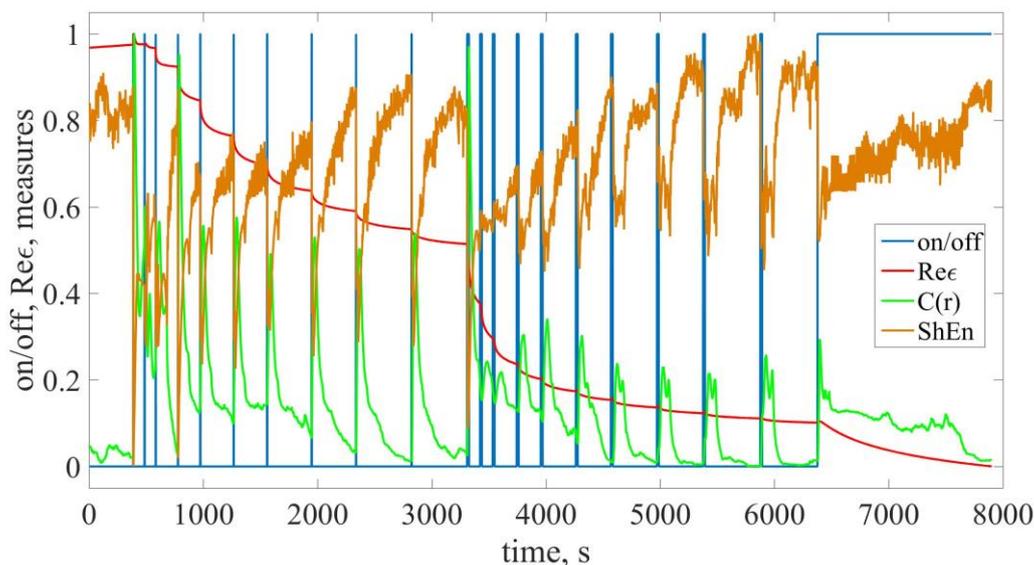


Fig. 2. Comparative dynamics of $\text{Re } \epsilon$, the correlation integral $C(r)$, and ShEn calculated for a sliding window of 250 s with a step of 1 s. The experimental protocol includes turning on the light first for one second with increasing delays, then for 10 seconds with the same delay system. And finally, constant illumination until the end of the experiment

Fig. 2 shows that at the beginning of the experiment, when the light is turned on for a short time, highly correlated processes are observed that are inherent in the collective motion of a large number of atoms. The ShEn decreases markedly, which again indicates the collective self-organized motion of orientational defects. Each time the light is turned on, new free radical reactions occur, which stimulate both α -relaxation and other reactions, but over time, the influence of α -relaxation decreases and disappears even with the light constantly on. Only localized orientational defects remain active.

The processes of both primary and secondary relaxation are characterized by intrinsic activation energies, which are calculated by quantum mechanics. However, quantum mechanical calculations of energy and structural characteristics, for example, using the density functional theory (DFT) standard, require significant computer resources. Recent work in the field of artificial intelligence in materials science has made it possible to simplify this task and reduce it to finding the so-called interatomic machine learning potentials [6], which allow finding the range of required parameters with sufficient accuracy with limited resources. Preliminary results of such modeling of the key atomic and molecular structures of the polymer under study are presented and discussed.

Conclusions. In this study, we have experimentally modeled and analyzed the complex photo-stimulated polymerization phenomenon in an electric field for the first time. It has been shown that the tools of complex systems theory, in particular, entropy analysis, allow us to identify processes of structural transformations of varying degrees of collectivity and to separate them in time. The use of artificial intelligence technologies makes it possible to find interatomic potentials by building a neural network that finds the necessary information in the relevant special databases.

Acknowledgments. This work was supported in part by the Ministry of Education and Science of Ukraine (projects Nos. 0122U000850, 0122U000874, and 0122U001694), National Research Foundation of Ukraine (project No. 2020.02/0100), Slovak Grant Agency VEGA (project No. 2/0134/21), and Slovak Research and Development Agency (project No. APVV-21-0335). This work has also received funding through the MSCA4Ukraine project (grant No. 1128327), which is

funded by the European Union, and the EURIZON project (grant No. 3022), which is funded by the European Union (EURIZON H2020 project) under grant agreement No. 871072. The authors would also like to thank the Armed Forces of Ukraine for providing security to perform this work. This work has become possible only because of the resilience and courage of the Ukrainian Army.

References

1. Romanini M. Dielectric Spectroscopy Studies of Conformational Relaxation Dynamics in Molecular Glass-Forming Liquids / M. Romanini, R. Macovez, S. Valenti, W. Noor, J.L. Tamarit // *Int. J. Mol. Sci.*, 2023. №24. P. 17189. <https://doi.org/10.3390/ijms242417189>
2. Moon Y.I. Observation of the relaxation process in fluoroelastomers by dielectric relaxation spectroscopy / Y.I. Moon, J.K. Jung, G.H. Kim, K.S. Chung // *Physica B*, 2021. №608. P. 412870. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2021.412870>
3. Kiv A. Complex Network Methods for Plastic Deformation Dynamics in Metals / A. Kiv, A. Bryukhanov, V. Soloviev, A. Bielinskyi, T. Kavetsky, D. Dyachok, I. Donchev, V. Lukashin // *Dynamics*, 2023. №3. P. 34–59. <https://doi.org/10.3390/dynamics3010004>
4. Kiv, A. *et al.* (2023). Irreversibility of Plastic Deformation Processes in Metals. In: Faure, E., Danchenko, O., Bondarenko, M., Tryus, Y., Bazilo, C., Zaspá, G. (eds) *Information Technology for Education, Science, and Technics. ITEST 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 178. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_26
5. Kráľovič D.P. Effect of Aromatic Rings in AESO-VDM Biopolymers on the Local Free Volume and Diffusion Properties of Polymer Matrix / D.P. Kráľovič, K. Cifraničová, H. Švajdlenková, et al. // *J Polym Environ*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10924-023-03097-1>
6. Chong S.S. Advances of machine learning in materials science: Ideas and techniques / S.S. Chong, Y.S. Ng, H.-Q. Wang, J.-C. Zheng // *Front. Phys*, 2024. №19. P. 13501. <https://doi.org/10.1007/s11467-023-1325-z>
7. Bielinskyi A. Irreversibility of financial time series: a case of crisis / A.O. Bielinskyi, S.V. Hushko, A.V. Matviychuk, O.A. Serdyuk, S.O. Semerikov, V.N. Soloviev // *Machine Learning for Prediction of Emergent Economy Dynamics*, 2021. vol. 3048. ISSN 1613-0073. p. 134-150.
8. Shannon C. A mathematical theory of communication / C. Shannon // *The Bell system technical journal*, 1948, №27(3). P. 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
9. Grassberger P. Measuring the strangeness of strange attractors / P. Grassberger, I. Procaccia // *Physica D: nonlinear phenomena*, 1983, №9(1-2). P. 189-208. [https://doi.org/10.1016/0167-2789\(83\)90298-1](https://doi.org/10.1016/0167-2789(83)90298-1)

APPLICATION OF THE NUMERICAL PHASE METHOD TO FIND THE ELECTRONIC ENERGY SPECTRUM IN A SPHERICAL QUANTUM DOT WITH ARBITRARY CONFINING POTENTIAL

Leshko R., Hol'skyi V., Stolyarchuk I., Brytan V., Karpyn D., Harbych O.
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ukraine

Abstract. This work explores the phase technique for addressing a second-order differential equation, specifically the equation for eigenfunctions and eigenvalues of the Hamiltonian operator, which is the Schrödinger equation. The conventional phase approach is adjusted to accommodate a scenario comprising two distinct domains with respective parameters. This technique is executed utilizing system of computer mathematics (like Wolfram Mathematica). The adapted approach is employed to calculate the electronic energy spectrum of an electron confined within a spherical quantum dot, under conditions of both rectangular and smooth potential. In instances of a rectangular potential, exact solutions of the corresponding Schrödinger equation are available, enabling a comparison with outcomes yielded by the proposed technique, demonstrating notable convergence accuracy. The method's strength and utility are rooted in its capability to address spherical quantum dots, be they single-layered or multi-layered, with arbitrary confining potentials.

Keywords: phase method, Schrödinger equation, quantum dot, system of computer mathematics.

Introduction. Modern scientific and technical challenges demand specialized mathematical approaches for their resolution [1-4]. Professionals need not only deep knowledge in their fields but also the ability to effectively apply mathematics to achieve results. The concept of low-dimensional heterostructures has been actively utilized in electronics over the past century. This period has led to numerous theoretical and technological innovations. One successful approach involves precise quantum mechanical calculations, especially for nanosystems where interference phenomena occur. Solving the fundamental equation of quantum mechanics – the Schrödinger equation – remains a key task for those working in this field [3]. With the increasing computational power of modern computers, it becomes possible to develop more accurate theoretical models of quantum systems, including quantum dots, for better replication of real physical processes.

The purpose of the work. Improvement and adaptation of the phase method [5] for solving the Schrödinger equation for an electron in a spherical quantum dot with arbitrary confining potential.

Formulation of the problem. The classical problem of solving a second-order differential equation has a broad spectrum of physical applications in classical and quantum mechanics. Specifically, this equation arises when studying quantum mechanical systems, such as a particle moving in a specific one-dimensional (e.g., spherically symmetric) field. In the case of spherical symmetry, the initial value problem becomes less determined because the general solution diverges to infinity at both ends of the interval. This complicates the use of the shooting method for its solution. However, despite this, problems of this type are very important, and various special methods have been developed for their solution. One such method is the phase approach. The main task of the work is to apply the phase method to the Schrödinger equation for nano-heterosystems, considering heterojunctions.

Solving the problem. The second-order differential equation for eigenvalues was decomposed into a system of first-order equations by introducing the amplitude and phase of the unknown function. Since this equation is a prototype of the Schrödinger equation, the qualitative solution is known. Utilizing this, transformations were carried out to obtain separate equations for the phase, from which eigenvalues and phase can be determined. The equation for the amplitude is solved after finding the phase and substituting the corresponding eigenvalue. However, the problem changes when two environments are present.

Therefore, a method for finding solutions in two regions, the quantum dot and the matrix, is proposed. Continuity conditions are used for the phase and amplitude to derive equations for finding eigenvalues. After finding the eigenvalues, a solution for the phase and amplitude is obtained. This approach is implemented numerically using Wolfram Mathematica by shooting method [5-6].

The proposed method has been applied to determine the electronic energy spectrum of an electron in a quantum dot with rectangular and smooth confining potentials.

Conclusion. Thus, the article presents a numerical phase method suitable for solving the Schrödinger equation for a spherical quantum dot with arbitrary confining potential. The method has been applied to solve the Schrödinger equation for a quantum dot with a rectangular confinement potential, and the results have been compared with exact analytical solutions. High convergence of the data has been achieved. Additionally, the method has been successfully applied to the Schrödinger equation for a quantum dot with a smooth confinement potential, where the electron energy and radial wave function were determined. As evident from the mathematical expressions, the proposed method allows for explicit determination of states by orbital quantum numbers for problems of spherical symmetry and other quantum numbers.

The potential of this method can be extended to multilayer quantum dots, which will be considered in future research. These findings demonstrate the effectiveness and versatility of the proposed numerical phase method in solving quantum mechanical problems of practical relevance. Its ability to handle various confining potentials makes it a valuable tool for researchers in the field of nanoscience and nanotechnology. Furthermore, the method's computational efficiency and accuracy render it suitable for investigating complex nanostructures and their electronic properties.

Future studies could explore its applicability in diverse nanoscale systems beyond quantum dots, broadening its scope and impact in the field.

References

1. Linderberg J. (1987) Finite element methods in quantum mechanics. *Computer Physics Reports*, 6, 209–242, 1987.
2. Abrashkevich A.G., Abrashkevich D.G., Kaschiev M.S., Puzynin I.V. (1995) Finite-element solution of the coupled-channel Schrödinger equation using high-order accuracy approximations. *Computer Physics Communications*, 85, 40-64. [https://doi.org/10.1016/0010-4655\(94\)00106-C](https://doi.org/10.1016/0010-4655(94)00106-C).
3. Vigo-Aguiar J., Ramos H. (2005) A variable-step Numerov method for the numerical solution of the Schrödinger equation. *J Math Chem*, 37, 255–262. <https://doi.org/10.1007/s10910-004-1467-3>.
4. Rieth M., Schommers W., and Baskoutas S. (2002) Novel Numerical Method for the Solution of Schrödinger's Equation: I. A Particle in an Interaction Potential of General Shape. *International Journal of Modern Physics B*, 16, 4093–4103. <https://doi.org/10.1142/S0217979202014802>.
5. Kalytkin N. *Numerical methods, Science*, 1978. 512 p.
6. Ferdinand F. Cap. *Mathematical Methods in Physics and Engineering with Mathematica*, Boca Raton London New York Washington, D.C.: A CRC Press LLC, 2003. 339 p.

COMPUTER MODELING OF OPTIMAL CHEMICAL COMPOSITION OF MODIFIED POLYAMIDE WASTE AGGLOMERATE

Purys V., Lebedev V., Miroshnichenko D., Shestopalov O., Kariev A.
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is computer modeling of optimal chemical composition of polyamide-6 waste agglomerate with increased set of strength properties. The tasks of the research are to identify the optimal chemical composition of modified polyamide waste agglomerate and to build computer models for forecasting their most important performance characteristics. The object of the research is modified polyamide waste agglomerate based on polyamide-6, MW-PA CB10 masterbatch and humic substances, the subject of research – computer modeling processes of optimal chemical composition of modified polyamide waste agglomerate. The research method is computer simulation in MathCad Prime 6.0. As a result of the research, models for forecasting the performance properties of modified polyamide waste agglomerate depending on their chemical composition were built, which can be adapted to any content of MW-PA CB10 masterbatch and humic substances.

Keywords: computer, modeling, chemical composition, polyamide waste, agglomerate, masterbatch.

Introduction. Polyamides are one of the most common polymer materials [1]. Many consumer goods, films and high-strength parts, rubber products, clothes, haberdashery, carpets, etc. are produced from them. Also, a large volumes of recyclable polyamide waste are generated. The secondary raw materials use as a new resource base is one of the ways for polyamide polymer materials utilization [2]. Currently, the problem waste polymer materials processing is not only gaining urgent importance for environmental protection, but is also connected with the fact that in conditions of polymer raw materials shortage, polymer waste becomes a powerful raw material and energy resource.

Polyamide waste can be either recycled or chemically disposed of by thermal depolymerization [1]. Recycling involves grinding up used polyamide products and then melting them to form new plastics, while chemical disposed involves breaking down used polyamide into its constituent substances and monomers and then reassembling them into new products.

The polyamides recycling possibility makes them sustainable and environmentally safe materials by reducing the waste volume in landfills, reducing the production carbon footprint and its cost, since the waste polymer materials processing is cheaper than new production [3]. Despite these promising advantages, polyamide waste recycling can lead to a decrease in its molecular weight [2], which can affect its mechanical properties and reduce its thermal stability, making it

more susceptible to melting or deformation and discoloration due to contamination that can reduce the aesthetic aspect of the final product [3]. That is why it is very useful to design and modeling of effective chemical compositions of modified polyamide waste agglomerate based on polyamide-6 and MW-PA CB10 masterbatch with their compatible functional hybrid modification with humic substances in order to achieve in such waste agglomerate materials the optimal set of operational properties.

The purpose of the work. The purpose of the article is to research the chemical composition of modified polyamide waste agglomerate by computer modeling method.

Formulation of the problem. The current situation in polymers waste recycling requires the search for an effective polymer waste management solution. Effective technologies development for the secondary processing (recycling) polyamides that contributes to natural resources preservation. That is because polymer materials are produced from oil and gas and, in conditions of polymer raw materials shortage, polymer-containing waste becomes a powerful raw material and energy resource. Therefore, the polymer waste processing can become a highly profitable type of economic activity, including light industry, and will ensure the ecological situation enhancement in the country. It is urgent to find effective ways of polymer waste handling to solve the polymer raw materials shortage.

Solving the problem. The objects of the research were:

- agglomerate polyamide 6 waste from polyamide clothing items, tights, socks, etc. (Material Wizard, Ukraine). Properties of agglomerate polyamide 6 waste: density 1.05 gr/sm^3 and melt flow index (MFI) ($230 \text{ }^\circ\text{C}$, 2.16 kgs) – 2.56 gr/10 min;

- masterbatch for polyamides MW-PA CB10 (Material Wizard, Ukraine). MW-PA CB10 made on the polyamide basis and intended for effective coloring of cast polyamides 6, 66 and compositions based on them without reducing the strength properties;

- humic substances, which were obtained by extraction of brown coal.

Modified agglomerate of polyamide 6 waste, were obtained by extruding pre-prepared raw materials in a single-screw extruder Sinban (Chaina) at a temperature of $220\text{--}230 \text{ }^\circ\text{C}$ and a roll rotation speed of $70\text{--}95 \text{ rpm}$.

The study of impact strength and breaking stress during bending of modified polyamide 6 waste agglomerate of, without notching at a temperature $20 \text{ }^\circ\text{C}$, was carried out on a pendulum head according to ISO 180 and ISO 178, respectively.

Tensile strength and elongation at break of modified polyamide 6 waste agglomerate were carried out using breaking machine PM-200M according to ISO 527-2:2012.

The modification processes technological features of polyamide-6 waste agglomerate were studied in order to improve its technological and strength characteristics. The masterbatch MW-PA CB10 impact on the technological and strength characteristics complex of the polyamide-6 waste agglomerate was studied. It was established that the best is polyamide-6 waste agglomerate with 2 % wt. of masterbatch MW-PA CB10. For this composition the impact strength is 43.5 MPa, breaking stress during bending is 126.4 MPa, tensile strength is 342 N and elongation at break is 117 %. It can be recommended for reuse in traditional fields of primary polyamide-6 to obtain engineering and technical products.

The experimental and statistical mathematical model was developed like a regression equation for forecasting the performance properties of modified polyamide waste agglomerate depending on the content of the MW-PA CB10 masterbatch, as the most effective in terms of increasing the complex of mine properties. Also was created mathematical model in form of regression equation was performed in MathCad Prime 6.0. For this model, theoretical calculations of the predicted values of impact strength and breaking stress during bending were carried out, which are presented in the form of three-dimensional graphics for forecasting the performance properties of modified polyamide waste agglomerate depending on the content of the MW-PA CB10 masterbatch, as the most effective in terms of increasing the complex of mine properties

Conclusion. As a result of the research, computer modeling of the chemical composition of modified polyamide waste agglomerate were performed. The optimal chemical composition of

modified polyamide waste agglomerate based on polyamide-6 waste was determined. The scientific novelty of the study lies in the fact that, based on systematic experimental researches of the relationship between the chemical composition of modified polyamide waste agglomerate based on polyamide-6, humic substances and MW-PA CB10 masterbatch, an adequate mathematical model for predicting the strength characteristics of modified polyamide waste agglomerate was created.

References

1. C. Alberti, R. Figueira, M. Hofmann, S. Koschke, S. Enthaler, Chemical recycling of end-of-life polyamide 6 via ring closing depolymerization, *Chemistry Select* **4**, 12638–12642 (2019).
2. M. Rides, C. Allen, H. Omloo, K. Nakayama, G. Cancelli, Interlaboratory comparison of melt flow rate testing of moisture sensitive plastics, *Polymer Testing* **28**, 572–591 (2009).
3. R. Buchdahl, D.A. Zaukelies, Deformationsprozesse und die struktur von kristallinen polymeren, *angew, Angewandte Chemie* **74**, 569–573 (1962).

MODELLING VIBRATIONS OF BLADES GAS COMPRESSORS IN NON-STATIONARY FLOW

Yakymchuk S.

Abstract. Modeling the processes of vibrations of rotor blades of compressors in an unsteady flow of gas in the flow part of low pressure compressor. three-dimensional flow taking into account the crowns of the workers and the guide vanes and struts are considered. The guide vanes and struts deemed undeformable, and blades make fluctuations under the action of a centrifugal force field. Analysis of the gas flow stream in the flow part of the compressor, comprising four stages, shows that the most intense vibrations are expected in the rotor blades of first stage. Allocated the model of the first stage, for which are carried out refined calculations the flow parameters. After the analysis of the parameters of unsteady flow, defined harmonic components of disturbing forces at nominal and transient conditions. Defined fields of vibrations displacements and stresses in the rotor blades of the first stage under the action these harmonics. Revealed the most dangerous oscillation modes of the blades of the first stage in the flow.

Keywords: three-dimensional model, compressor blade, gas flow, disturbing loading, vibration stresses.

Introduction. The level of development of gas turbines affects the state of aviation, transport, military equipment and energy. The increase in the specific capacity and economic efficiency of gas turbines is accompanied by an increase in the intensity of non-stationary loads on their elements and, above all, on the impeller apparatus. In particular, non-stationary gas flow forces, centrifugal forces and temperature field act on the gas turbine compressor blades. Gas turbine axial compressor blades are thinner and more flexible than turbine blades and are more affected by non-stationary flow.

The purpose of the work. Ensuring dynamic strength of the gas turbine compressor blade in non-stationary flow is a complex and topical problem.

Formulation of the problem. Develop a mathematical model in ANSYS Mechanical software to accurately predict the vibrations of gas compressor blades under non-stationary flow conditions. By comprehending the dynamic behavior of the blades, engineers aim to optimize compressor designs to enhance reliability, efficiency, and lifespan.

Solving the problem. The various aspects of this problem are addressed by a number of works [1-4], which consider the features of non-stationary gas dynamic flow in turbines and compressors, interaction of blades with the flow, excitation of various forms of oscillations, the emergence of aeroelastic phenomena and other issues. This line of research is evolving rapidly and new challenges are emerging. One of the topical questions is the determination of the distribution of vibrational stresses under the action of harmonics of perturbing gas dynamic forces. This task is examined on the basis of the authors' previous studies [5-6]. Task setting and simulation of

scillations of the blade apparatus. A four-stage compressor of a gas turbine with crowns of working and guiding blades and struts [5-6] is considered. Under the action of centrifugal forces, the working blades undergo significant deformation, in particular a reduction in the curl of the blades. Relative to static deformations, the compressor blades oscillate under the action of non-stationary forces of the gas flow. The results of the analysis of the static deformations of the working blades and their free oscillations relative to the static deformed state are given in [5-6]. Fig. 1 shows the first 4 forms of oscillation and distribution of relative stresses in the compressor blade first stage. You can see the emergence of complex forms of oscillation for the fourth own frequency.

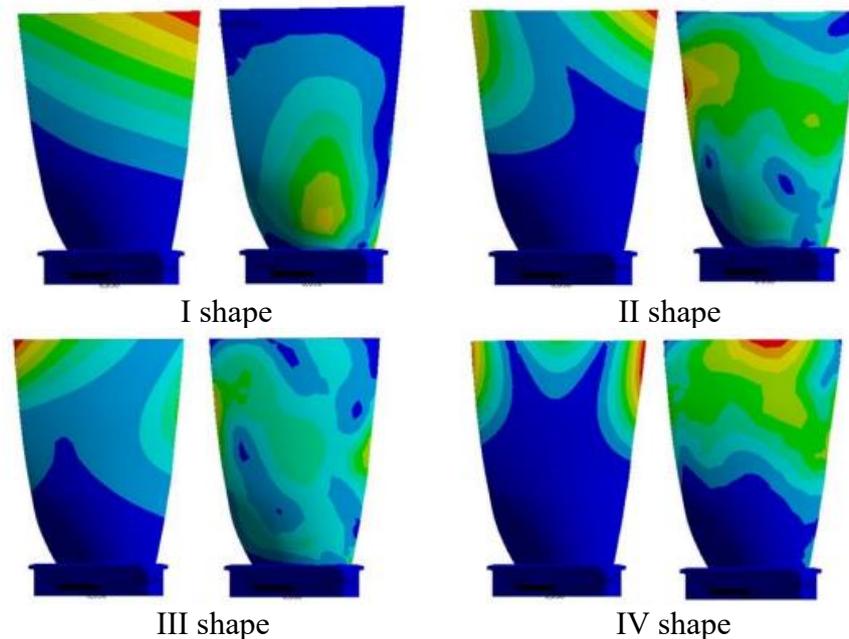


Fig. 1. Displacement patterns (left) and relative stresses (right) for the blade of the first stage

Conclusion. The analysis of the published materials and preliminary studies of the authors shows the necessity of using interrelated three-dimensional models of the compressor blade and gas dynamic flow. Further research is needed to refine dynamic flow parameters and identify flux interactions with oscillating blades.

References

1. Birger I.A. *Dinamika aviatsionnykh gazoturbinykh dvigateley* / I. A. Birger, B.F. Shorr M. : Mashinostroyeniye, 1981. – 232 s.
2. Rządkowski R. Unsteady Forces2. Rządkowski R. Unsteady Forces Acting on the Rotor Blades in the Turbine Stage in 3D Viscous Flow in Nominal and Off-Design Regimes / R. Rządkowski, V. Gnesin, L. Kolodyazhnaya, L. Kubitz // *Journal of Vibration Engineering, and Technologies*. – 2014. – 2(2) – P. 89–95.
3. Shklovets A.O. Raschet vynuzhdennykh kolebaniy lopatok rabocheho koleasa aviatsionnogo gazoturbinnom dvigatelya, vznikayushchikh ot deystviya okruzhnoy neodnorodnosti gazovogo potoka / A.A. Shklovets, G.M. Popov, D.A. Kolmokova // *Aviatsionno-kosmicheskoye mashinostroyeniye. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. – 2012. – T.14, №1 (2) – S. 517–521.
4. Lugina N.S. Vliyaniye nestatsionarnost' gazovogo potoka na aerodinamicheskiye kharakteristiki stupeni oseвого kompressora. Chislennoye modelirovaniye i eksperiment / N.S. Lugina, M.V. Kuz'min i dr. // *Vestnik dvigatelestroyeniya*. – 2006. – № 3 S. 21–25.
5. Vorobyev Yu.S. Analiz kolebaniy lopatochnogo apparata kompressora GTD / YU.S. Vorobyev, V.N. Romanenko i dr. // *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*. – 2013 – № 10 (107). – S. 55–59.
6. Yilmaz, T., Sayin, B., & Sahin, B. (2016). "Dynamic Response Analysis of the Rotor Blade Under Periodic Unsteady Aerodynamic Forces." *Journal of Vibration and Control*, 22(3), 835-849.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ

Аль-Амморі А.¹, Дяченко П.В.².

¹Національний транспортний університет, Київ, Україна

²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Удосконалення та оптимізація низки параметрів інформаційно-керуючих систем авіоніки, є на сьогодні актуальною науково-практичною задачею. Однією з основних вимог, що ставляться до робочих параметрів таких систем, є стабільність їх електроживлення. З цією метою, з використанням імітаційного моделювання пропонуються спосіб вибору оптимальних структур електроживлення, на основі використання послідовно-паралельного з'єднання імпульсних стабілізаторів напруги. Розглядається задача дослідження економічної ефективності від застосованих схем стабілізації напруги та їх параметрів. Побудовано графіки залежності ККД стабілізаторів від коефіцієнтів стабілізації і кількості каскадів, та сформульовано рекомендації що до їх вибору.

Ключові слова: інформаційно-керуюча система, стабільність електроживлення, імпульсний стабілізатор напруги, імітаційна модель стабілізатора.

SIMULATION OF POWER CONSUMPTION MODES OF INFORMATION CONTROL SYSTEMS

Ali Al-Ammouri¹, P. V. Dyachenko².

¹National Transport University, Kyiv, Ukraine

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Improvement and optimization of a number of parameters of information and control systems of avionics is today an actual scientific and practical task. One of the main requirements for the operating parameters of such systems is the stability of their power supply. To this end, with the use of simulation modeling, a method of choosing optimal power supply structures based on the use of a series-parallel connection of impulse voltage stabilizers is proposed. The task of researching the economic efficiency of the applied voltage stabilization schemes and their parameters is considered. Graphs of the dependence of the efficiency of stabilizers on the stabilization coefficients and the number of cascades were constructed, and recommendations for their selection were formulated.

Keywords: information and control system, power supply stability, impulse voltage stabilizer, simulation model of the stabilizer.

Вступ. Одним з важливих факторів забезпечення надійності функціонування інформаційно-керуючих систем авіоніки повітряних суден, є стабільність їх електроживлення. З метою підвищення надійності та безпеки польотів, доцільно застосовувати стабілізовані джерела електроживлення з високою ефективністю і технічною надійністю. Якщо наприклад, мікропроцесорна система, що входить до складу авіоніки, використовує електроживлення з низьким рівнем стабілізації, то це може стати причиною збоїв під час її роботи. Це у свою чергу знижує технічну надійність бортового обладнання повітряних суден, і негативно впливає на безпеку польотів.

Постановка задачі. Враховуючи вище сказане, у дослідженні передбачено вирішення таких основних завдань: проаналізувати існуючі схемні рішення підвищення ефективності електроспоживання малопотужних та потужних споживачів електроенергії у складі авіоніки повітряних суден; як основний засіб підвищення ефективності електроспоживання в інформаційно-керуючих системах авіоніки, визначити застосування імпульсних стабілізаторів напруги, та їх послідовно-паралельні схеми включення; визначити критерій ефективності електроспоживання, як функціональну залежність коефіцієнта корисної дії споживача, від параметрів схеми його побудови; розробити та дослідити модель гібридної енергосистеми, що дає змогу сформулювати вимоги до параметрів схем споживачів та стабілізаторів напруги, з метою забезпечення безперебійності живлення споживачів;

розглянути роботу системи стабілізації електроживлення при різних співвідношеннях генерованої і споживаної потужностей для малопотужних та потужних споживачів; дослідити залежність економічної ефективності та коефіцієнта корисної дії електроспоживання споживачів, від застосованих схем стабілізації напруги та їх параметрів.

Мета роботи: На основі розробки та дослідження імітаційної моделі електроживлення інформаційно-керуючої системи авіоники повітряних суден, обґрунтувати вибір оптимальної структури схеми стабілізації напруги живлення мікропроцесорних та обчислювальних систем, що входять до їх складу, з точки зору економічної ефективності та коефіцієнта корисної дії електроспоживання споживачів, для забезпечення ефективності процесів керування.

Основна частина. Одним з основних способів підвищення ефективності електроживлення, є широке використання імпульсних стабілізаторів напруги з високим коефіцієнтом корисної дії. Існує три основних види імпульсних стабілізаторів напруги [1], схемні особливості яких зображені на рисунку 1. Процес стабілізації напруги в даних пристроях проводиться шляхом наскрізного перемикання біполярного або польового транзистора, який працює в якості ключа (рис.1, г). Модульована вхідна напруга передається на накопичувач енергії LC. Для вибору шляхів зарядки або розрядки у пристрої використовуються діоди VD.

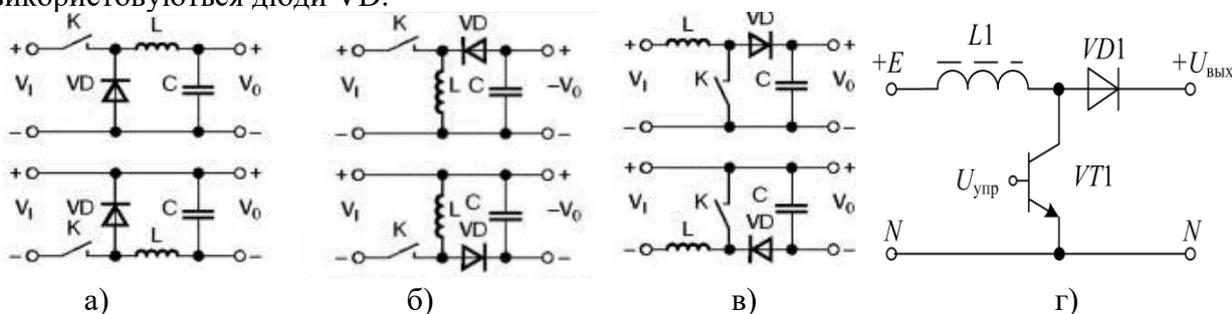


Рис. 1. Види імпульсних стабілізаторів напруги: а) – стабілізатор напруги понижуючого типу; б) – підвищуючий імпульсний стабілізатор напруги; в) – інверторний імпульсний стабілізатор напруги; г) – використання в якості ключа біполярного транзистора.

До складу схеми (рис.1, а), входить ключовий регулюючий елемент, який пропускає струм, що наростає завдяки властивостям індукції. У даному випадку відбувається зарядка конденсатора С, але в цей час діод VD закритий. При закритті ключового елементу К відбувається відкриття діоду VD, який пропускає струм, що лінійно зменшується, через навантаження. Схема (рис.1, б), використовується для збільшення вихідної напруги. Такий стабілізатор напруги при відкритому ключовому елементі К пропускає струм через індуктивність L, але при цьому діод VD знаходиться у закритому стані, а навантаження підживлюється від конденсатора С. Схема (рис.1, в) описує роботу інверторного імпульсного стабілізатора напруги, який може видавати на виході підвищену або знижену напругу. За принципом дії ця схема схожа зі схемою (б). Узагальнена діаграма роботи однокаскадного імпульсного стабілізатора напруги зображена на рисунку 2.

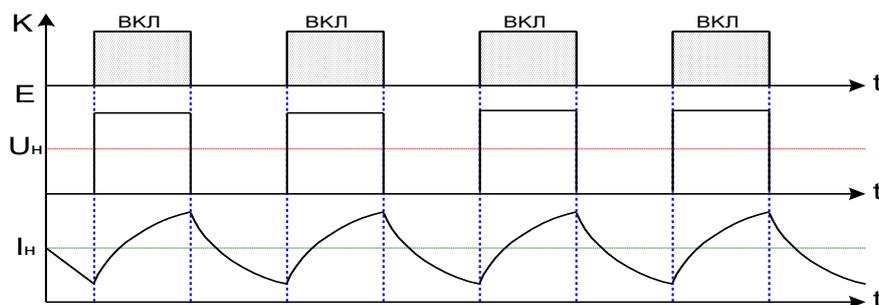


Рис. 2. Діаграма роботи однокаскадного імпульсного стабілізатора напруги

Як видно з діаграми (рис. 2), діод VD відкривається тільки під час вимикання ключа K, імпульсної подачі напруги від джерела E до навантаження Z_n , і призначений для розряду

електроенергії накопиченої в індуктивності фільтра L , під час подачі напруги від джерела E , коли включається ключ K , в імпульсному режимі. Струм споживання коливається відносно середнього значення $I_H = \frac{U_H}{R_H}$, де U_H – напруга на навантаженні, R_H – активний опір

навантаження. Струм I_H складається з ділянок експонент зростання та спадання (рис. 2), з постійною часу τ , що визначається виразом $\tau = (L_\phi + L_H)/R_H$, де L_H – індуктивність навантаження. Для підвищення коефіцієнта стабілізації, застосовується послідовне підключення імпульсних стабілізаторів, як показано на рисунку 3.

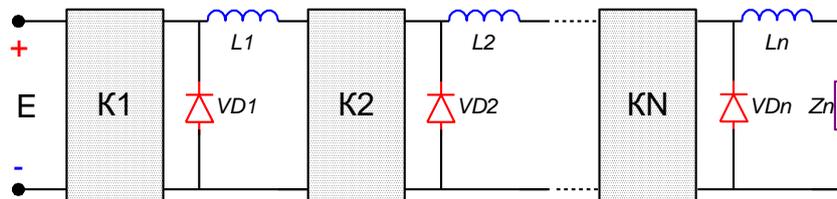


Рис. 3. Одноканальний багатокаскадний імпульсний стабілізатор напруги

Персональні бортові комп'ютери і вся цифрова електронна техніка потребують високого стабільного електроживлення. Стабілізація електроживлення, зазвичай пов'язана зі значними втратами потужності. Стабілізатори мають низький рівень ККД, що призводить до високих непродуктивних затрат. Для забезпечення енергозберігаючої технології стабілізованого електроживлення можна використати багатокаскадні послідовні стабілізатори напруги [2]. Коефіцієнт стабілізації $n(k)$, багатокаскадного стабілізатора, що складається з k -послідовно підключених стабілізаторів можна визначити за формулою $n(k) = m^k$, де m – коефіцієнт стабілізації у кожному i -му каскаді, що визначається відношенням нестабільності ΔU_i напруги на вході i -го каскаду до нестабільності ΔU_{i+1} напруги на його виході.

Вираз, що визначає коефіцієнт корисної дії (ККД) – $V(n, k)$, як функцію від потрібного коефіцієнта стабілізації напруги (n), і кількості послідовно підключених імпульсних стабілізаторів (k) має вигляд [3]:

$$V(n, k) = \frac{y + k}{y + k^k \sqrt[k]{n}}, \text{ де } y = U_H / \Delta U_H. \quad (1)$$

У даній роботі досліджено наступні функціональні залежності:

1. Відношення $b(n, k) = \frac{(y + k)^k (y + n)}{(y + k^k \sqrt[k]{n})^k (y + k)}$, (2)

що показує кратність збільшення ККД – $V(n, k)$ при багатокаскадному підключенні стабілізаторів, порівняно с ККД $V(n)$ для однокаскадного стабілізатора.

2. Залежність потужності втрат $\Delta p(n, k)$ від потрібного коефіцієнта стабілізації n , та кількості послідовно підключених стабілізаторів k , $\Delta p(n, k) = \frac{(1 - V(n, k)) p}{V(n, k)}$. (3)

3. Економічна ефективність $W(n, k)$, застосування багатокаскадного підключення стабілізаторів $W(n, k) = \frac{\Delta p(n, 1)}{\Delta p(n, k)}$. (4)

4. Залежність економічного виграшу $W(n, k)$ від ККД $V(n, k)$ у відповідності з виразом $\Delta W(n, k) = \frac{(1 - V(n, 1)) V(n, k)}{V(n, 1) (1 - V(n, k))}$. (5)

Для верифікації результатів аналітичних обчислень, та дослідження роботи імпульсних стабілізаторів напруги у різних режимах включення та навантаження, у середовищі MATLAB/Simulink розроблено імітаційні моделі імпульсного стабілізатора узагальненого типу, та комплексного навантаження (блоку *load*) [5, 6] – (рис. 4).

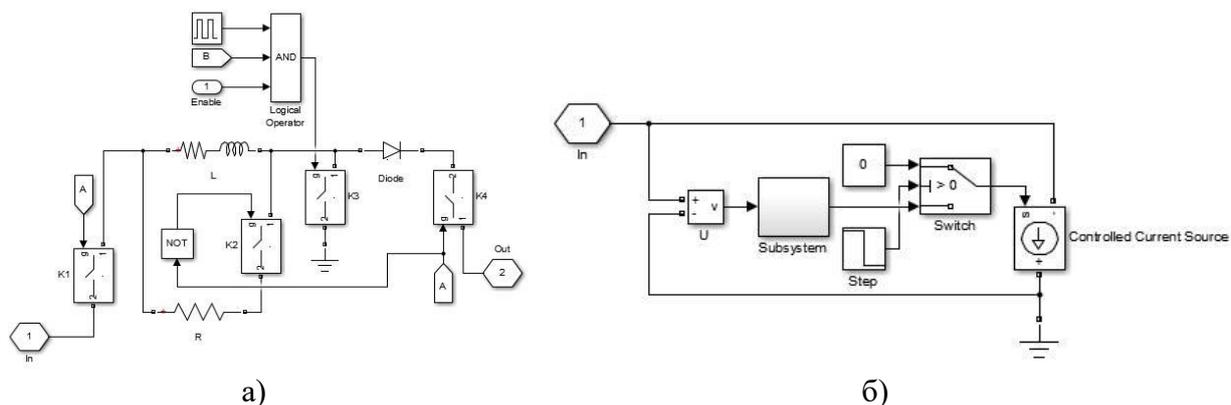


Рис. 4. Імітаційні Simulink-моделі: а) – стабілізатора напруги; б) – блоку навантаження.

Висновки. У відповідності з формулою (2), отримано сімейство графіків залежності $b(n, k)$ ККД багатокаскадного стабілізатора напруги, для коефіцієнтів стабілізації $n = 100$, $n = 250$, $n = 300$ та кількості каскадів, що змінюються у межах $k = 1 - 8$. Розрахунки, підтверджені результатами моделювання показують, що ККД можна збільшити утричі для трикаскадного стабілізатора, порівняно з однокаскадним. Оптимальною кількістю k_{opt} послідовно підключених каскадів є $k_{opt} = 3$, а економічний ефект від послідовного підключення стабілізаторів підвищується зі збільшенням необхідного коефіцієнта n стабілізації. Якщо вважати, що споживана потужність p відповідає заданому ККД $V(n, k)$, то затрати потужності Dp будуть пропорційно залежати від величини $1 - V(n, k)$.

У відповідності з формулами (1), (5), та у результаті моделювання, отримано сімейство графіків залежності $V(n, k)$ ККД та економічної ефективності $\square W(n, k)$, для коефіцієнтів стабілізації $n = 100$, $n = 250$, $n = 300$ та кількості каскадів послідовного підключення $k = 1 - 8$. Аналіз графіків показує, що непродуктивні втрати потужності зменшуються більш ніж у чотири рази, при $k = 3$ послідовно підключених стабілізаторів. При збільшенні кількості комп'ютерів інформаційно-керуючої системи, величина споживаної енергії збільшується, тому доцільно використовувати паралельно-послідовне включення імпульсних стабілізаторів напруги. Результати моделювання дозволяють зробити висновок, про економічну доцільність застосування послідовного та паралельно-послідовного підключення імпульсних стабілізаторів, причому для малопотужних споживачів електроенергії доцільно застосовувати послідовне включення стабілізаторів, для потужних – паралельно-послідовне.

Список використаних джерел

1. Імпульсний стабілізатор напруги. URL: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/252-kak-rabotaet-impulsnyj-stabilizator-napryazheniya>
2. Імпульсні перетворювачі стабілізованої напруги. [Електронний ресурс]: монографія / М. Я. Островерхов, В. І. Сенько, В. І. Чибеліс; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 3,11 Мбайт). Видавництво Ліра-К, 2020. 242 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1eeac1d4-e1a7-4a0f-ae14-09084b385d72/content>.
3. Вторинні джерела. Частина третя. URL: <https://radiodetali.com.ua/ua/articles/shodinka-devyavtorinni-dzherelachastina-tretya-prodovzhennya>
4. Імпульсні стабілізатори напруги. URL: <https://studfile.net/preview/5370385/page:3/>
5. Промислова електроніка. Моделювання пристроїв силової електроніки в MATLAB Simulink. [Електронний ресурс]: Практикум / С. П. Денисюк, Д. Г. Дерев'янку; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 3,91 Мбайт). 2019. 95 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/429b98ff-3cb7-447f-b982-c6d3df9d44e5/content>
6. Моделювання електротехнічних комплексів дослідження математичних моделей лінійної та нелінійної динамічних систем. [Електронний ресурс]: Комп'ютерний практикум / С. В. Бойченко, О. В. Данілін, А. В. Босак, І. Я. Майданський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 14,4 Мбайт). 2022. 62 с. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstreams/0d20cbdf-8e1f-44f4-a8db-2d3c20af16a9/download>

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСА У ВОВЧКАХ

Батраченко О. В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу подрібнення м'яса у вовчках шляхом вдосконалення конструкції їх різального інструменту на основі результатів чисельного моделювання процесів, що супроводжують роботу даних машин. Було вирішено задачі зменшення гідравлічного опору решіток вовчків із одночасним покращенням їх різальних властивостей. Об'єкт досліджень – процес взаємодії м'ясної сировини із решітками різального комплексу вовчків. Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів решіток на їх гідравлічний опір та різальну здатність. Використовувалось чисельне моделювання в програмному комплексі SolidWorks. Особливості гідродинаміки м'ясної сировини досліджувались за допомогою модуля FlowSimulation, статична міцність решіток за допомогою модуля Simulation. Визначено значення тисків, які діють на решітку при подрібненні м'ясної сировини у вовчку. Запропоновано нові конструкції решіток. Доведено, що їх використання дозволить покращити якість отриманого м'ясного фаршу та продуктивність вовчка.

Ключові слова: м'ясорізальний вовчок, решітки, вдосконалення, якість, продуктивність.

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE MEAT CROPPING PROCESS IN MEAT GRINDER

Batrachenko O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of this work is to increase the efficiency of the process of grinding meat in meat grinders by improving the design of their cutting tool based on the results of numerical modeling of the processes accompanying the operation of these machines. The problems of reducing the hydraulic resistance of the slats and simultaneously improving their cutting properties were solved. The object of research is the process of the interaction of meat raw materials with the plates of the cutting set of meat grinder. The subject of the study is the influence of the design parameters of the gratings on their hydraulic resistance and cutting ability. Numerical modeling in the SolidWorks software complex was used. Features of the hydrodynamics of meat raw materials were studied using the FlowSimulation module, static strength of plates using the Simulation module. The values of the pressures acting on the grid during the grinding of meat raw materials in the meat grinder are determined. It was found that the dependence of the stresses in the mesh lattices on their thickness is linear. New plate designs are proposed. It has been proven that their use will improve the quality of the obtained minced meat and the productivity of the meat grinder.

Keywords: meat grinder, plates, improvement, quality, productivity.

Вступ. Відомо, що параметри процесу подрібнення м'яса до стану фаршу у вовчках суттєво впливають як на якість готових ковбасних виробів, так і на кількість переробленої продукції. Одними з проблем такого процесу є високий гідравлічний опір решіток різального комплексу та їх низька різальна здатність [1, 2]. Як результат, м'язові волокна м'ясної сировини зазнають занадто інтенсивного стискання, а сполучна тканина не завжди ефективно подрібнюється.

Мета роботи. Метою роботи є підвищення ефективності процесу подрібнення м'яса у вовчках шляхом вдосконалення конструкції їх різального інструменту на основі результатів чисельного моделювання процесів, що супроводжують роботу даних машин.

Постановка задачі. Для знаходження нових, більш досконалих, конструктивних рішень решіток вовчка потрібно було встановити значення тисків, які діють на решітку при її роботі, а також перевірити виконання умов належної міцності та жорсткості решіток розроблених конструкцій (рис. 1, 2).

Вирішення проблеми. Розроблено низку конструкцій решіток вовчка, які володіють значно зменшеним гідравлічним опором (рис. 2, а) та підвищеною різальною здатністю (рис. 2, б).

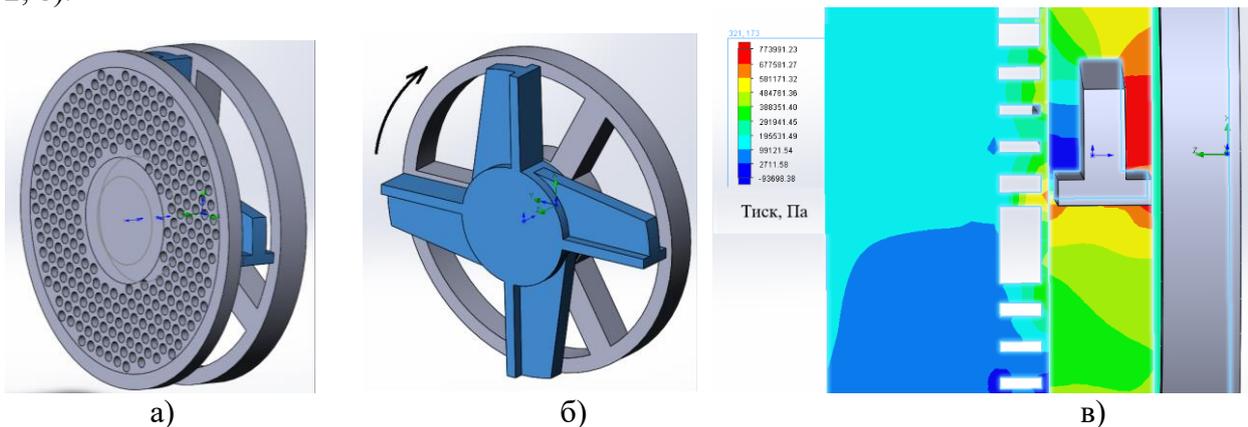


Рис. 1. 3D-модель робочої зони різального вузла вовчка та результати моделювання гідродинаміки сировини в різальному вузлі: а - комплект з приймальної решітки, ножа та вихідної решітки; б) - загальний вид ножа; в - тиск в потоці сировини, яка рухається крізь різальний вузол, Па (зображення вихідної решітки погашене)

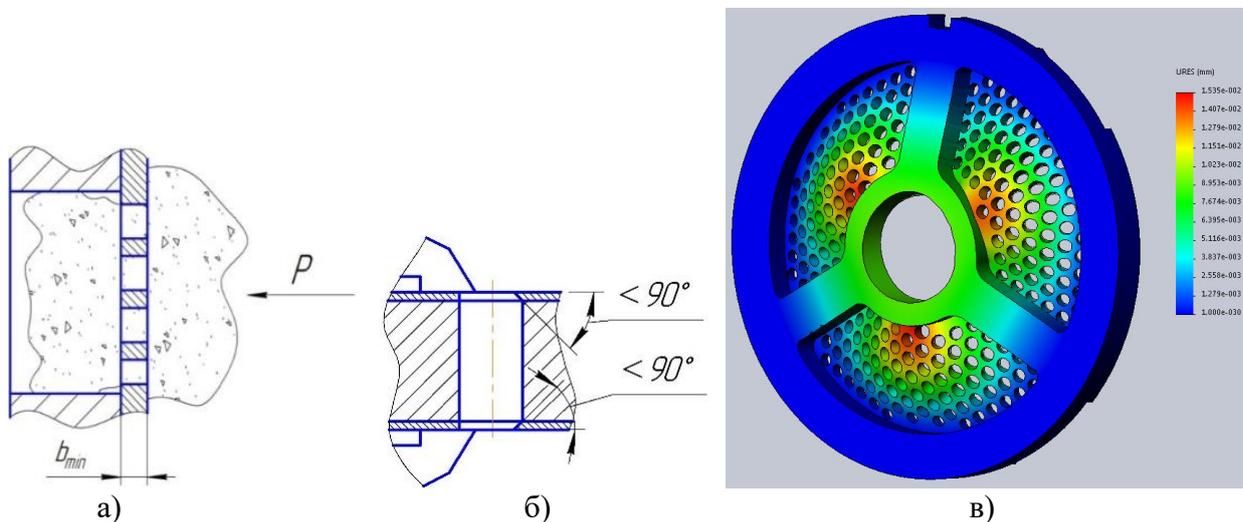


Рис. 2. Решітка вовчка вдосконаленої конструкції:

а – схема, яка пояснює зменшення гідравлічного опору в решітці; б - схема, яка пояснює підвищення різальної здатності решітки із накладними пластинами; в - візуалізація результатів чисельного моделювання деформованого стану решітки (переміщення, 10^{-3} м)

Висновок. Визначено значення тисків, які діють на решітку при подрібненні м'ясної сировини у вовчку. Виявлено, що залежність напружень в решітках вовчків від їх товщини носить лінійний характер. Запропоновано нові конструкції решіток. Їх використання призводить до збільшення в'язкості фаршу на 40%, вологосв'язувальної здатності фаршу на 24% та продуктивності вовчка на 20%. Це свідчить про підвищення ефективності процесу подрібнення м'яса у вовчках вдосконалим різальним інструментом.

Список використаних джерел

1. Lisa M. Berger at al. A review on the relation between grinding process and quality of ground meat. Meat Science. Volume 205, November 2023. doi:10.1016/j.meatsci.2023.109320.
2. Lisa M. Berger at al. Effect of cutting set variations on structural and functional properties of hamburgers. European Food Research and Technology. Volume 250, pages 701–713, (2024). <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04414-7>.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В УРБОЗЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

Сгорова О.В., Мислюк О.О., Хоменко О.М.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Для ефективного управління якістю ґрунтового середовища міста необхідна розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень при організації геоecологічного моніторингу урбанізованих території міста та окремих промислових зон. Найбільш зручними та потужними інструментами для обробки даних, що мають як просторову, так і семантичну прив'язку, є різні геоінформаційні системи (ГІС). Дана технологія поєднує традиційні операції з базами даних, такими як запит та статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації та географічного (просторового) аналізу. Об'єктом дослідження є оцінювання параметрів екологічного стану ґрунтів м. Черкаси за даними оперативного моніторингу забруднення. Предметом дослідження є інформаційна технологія, методи, алгоритми та програмно-технічні засоби автоматизації оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення ґрунтового покриву. У роботі проведено районування території міста за буферними властивостями ґрунту з використанням програмного пакета SURFER. Отримані результати мають практичну значимість для розробки геоecологічного моніторингу урбанізованої території, для екологічного управління містом.

Ключові слова: урбоземи, буферні властивості ґрунтів, картографічне моделювання, ГІС

MODELING THE DISTRIBUTION OF POLLUTANTS IN URBAN SOILS USING GIS TECHNOLOGIES

Yehorova O., Mislyuk O., Khomenko O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The development of a municipal information system is necessary for effective management of the quality of the soil environment of the city. Various geographic information systems (GIS) are the most convenient and powerful tools for processing data that have both spatial and semantic binding. This technology combines traditional database operations, such as querying and statistical analysis, with the benefits of full visualization and geographic (spatial) analysis provided by a map. The object of the study is the evaluation of the parameters of the ecological condition of the soils of Cherkasy according to the data of operational monitoring of pollution. The subject of the research is information technology, methods, algorithms and software and technical means of automating the evaluation of parameters of substance emissions based on the data of operational monitoring of soil cover pollution. In the work, the zoning of the city territory was carried out according to the buffer properties of the soil using the SURFER software package. The obtained results are of practical significance for the development of geoecological monitoring of the urbanized territory, for the ecological management of the city.

Keywords: urbosemes, buffer properties of soils, cartographic modeling, GIS.

Виклад основного матеріалу. Забруднення міських ґрунтів токсикантами є однією з глобальних екологічних проблем. Моделювання поширення забруднюючих речовин в урбоземах з використанням ГІС-технологій дозволить зменшити техногенне навантаження на довкілля та визначити заходи, які необхідно вжити першочергово для мінімізації впливу викидів на здоров'я населення та природні екосистеми міст. У роботах [1] висвітлено застосування геоінформаційних технологій для моделювання просторового розподілу важких металів у міських ґрунтах. В роботі [2] наведено приклади використання даних дистанційного зондування Землі і геоінформаційних технологій для потреб сільського господарства для оцінювання ступеня еродованості та деградації ґрунтів. В роботі [3] досліджено можливість застосування ГІС технології для моніторингу екологічного забруднення хімічними пестицидами земель сільськогосподарського призначення. Однак у перелічених працях не розкриті питання уніфікації подання результатів аналізу, формалізації географічних та картографічних знань на основі застосування баз геопросторових даних.

Недостатня визначеність підходів геоінформаційного моніторингу міських ґрунтів, складу та структури БЗ для його забезпечення зумовили необхідність проведення досліджень у цьому напрямку.

Відповідно, **мета роботи** полягає у підвищенні точності та ефективності оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу шляхом створення електронної картографо-інформаційної системи з можливістю картографічного відображення екологічної ситуації у місті.

Картографування експериментальних даних з використанням програмного пакета SURFER і порівняльний аналіз буферних властивостей ґрунту дозволило виявити значну строкатість території міста за ступенем буферної ємності ґрунтів в кислотному інтервалі, що свідчить про значний ступінь техногенного навантаження на ґрунтовий покрив міста.

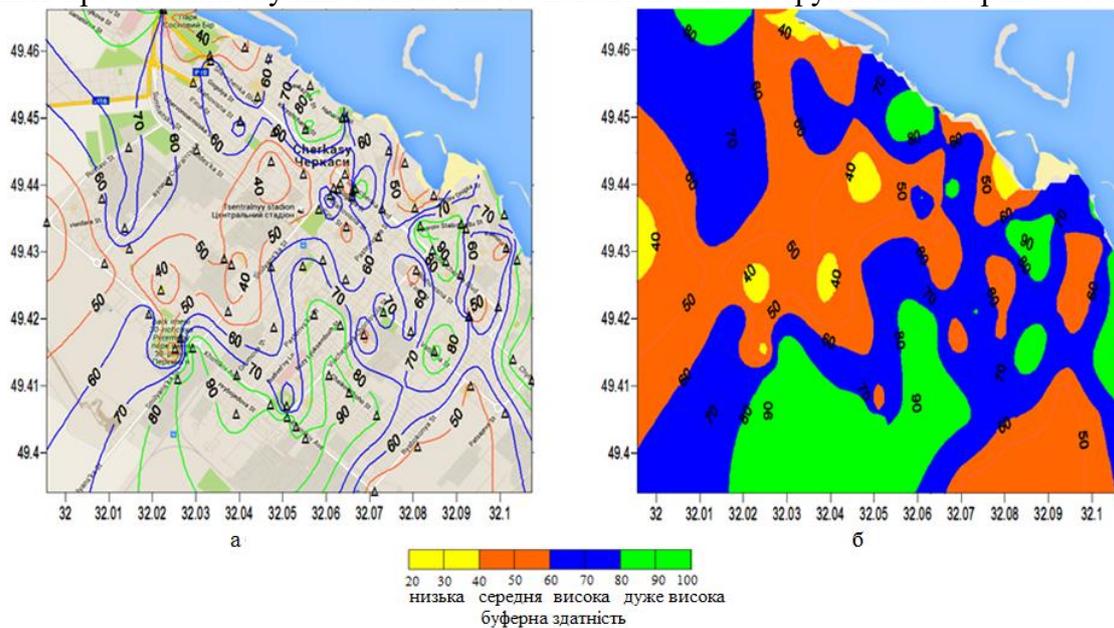


Рис.1. Карти буферності ґрунтів у кислотному інтервалі:
а – контурна карта; б – карта зонування території за буферністю

Аналіз карти бурності свідчить, що на сьогодні ґрунти м. Черкаси мають середній і високий буферний потенціал протидії надходженню як кислотних, так і лужних сполук. Різниця стійкості окремих ґрунтових горизонтів до кислотно-основного впливу обумовлена особливостями їх гранулометричного складу, різним ступенем насичення основами, вмістом гумусу і антропогенними чинниками.

Висновок. Створена картографічна модель дозволить досліджувати геологічне середовище міста, визначати початок значних змін, виявляти місця розвитку небезпечних процесів і еколого-геохімічні нестійкі екосистеми, здійснювати керований контроль екологічно безпечною діяльністю промислових підприємств, розробляти і впроваджувати ефективні природоохоронні заходи з метою збереження довкілля, забезпечення сприятливого середовища для зростання рослин та захисту населення від захворювань екологічного походження.

Список використаних джерел

1. Digital mapping of heavy metals in urban soils: A review and research challenges / T. Shi et al. *CATENA*. 2023. Vol. 228. P. 107183. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107183>
2. A GIS-Based Spatial Analysis Model Approach for Identification of Optimal Hydrotechnical Solutions for Gully Erosion Stabilization. Case Study / Ş. Bilaşco et al. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, № 11. P. 4847. <https://doi.org/10.3390/app11114847>
3. Zhou B., Li X. The monitoring of chemical pesticides pollution on ecological environment by GIS. *Environmental Technology & Innovation*. 2021. Vol. 23. P.101506. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101506>

ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ЕЛЕМЕНТА ПЕЛЬТЬЄ

Коваленко О.О.¹, Гордієнко В.І.¹, Васильченко В.Ю.¹, Комарова О.С.^{2,3}, Івлєв Я.О.²

¹ Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна;

² ПП «Фотоніка Плюс», Черкаси, Україна;

³ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Анотація. В лазерних пристроях через значну генерацію тепла під час роботи використання системи примусового охолодження є необхідністю. Проектування систем охолодження з оптимальними характеристиками (ефективність охолодження, вага, енергоефективність, споживана потужність, к.к.д тощо) виконується за допомогою математичного моделювання робочих процесів. В розглянутих пристроях, охолодження основних теплогенеруючих елементів відбувається з допомогою елементів Пельтьє. В тезах розглядається перший етап побудови моделі системи охолодження – побудова та дослідження моделі елемента Пельтьє. Отримані результати дають змогу коректно спроектувати систему керування елементами Пельтьє для підтримання стабільного температурного режиму роботи теплогенеруючих компонентів пристрою.

Ключові слова: елемент Пельтьє, математична модель, термоелектричний ефект, теплопровідність.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE PELTIER ELEMENT

Kovalenko O.¹, Hordiyenko V.¹, Vasilchenko V.¹, Komarova O.^{2,3}, Ivliev Y.²

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine; ²FOTONICA PLUS CO.,

Cherkasy, Ukraine; ³National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Abstract. In laser devices, due to significant heat generation during operation, the use of a forced cooling system is a necessity. The design of cooling systems with optimal performance (cooling efficiency, weight, power consumption, efficiency, etc.) is performed using mathematical modeling of work processes. In the considered laser devices, the cooling of the main heat-generating elements takes place with the Peltier elements. The theses consider the first stage of development a model of a cooling system - building and researching a model of a Peltier element model. The obtained results make it possible to correctly design a control system for Peltier elements to maintain a stable temperature mode of operation of the heat-generating components of the device.

Key words: Peltier element, mathematical model, thermoelectric effect, heat transfer.

Вступ. В лазерних пристроях, через значну генерацію тепла, використання системи примусового охолодження (СПО) є необхідністю. Проектування СПО з оптимальними характеристиками виконується за допомогою математичного моделювання робочих фізичних процесів – електро- та теплопровідності, термоелектричних ефектів в напівпровідниках. Відповідно, виникає потреба розробки математичних моделей елементів СПО, які адекватно враховують такі процеси.

Постановка задачі. Кінцевою задачею є проектування СПО з оптимальними характеристиками (ефективність охолодження, вага, енергоефективність, споживана потужність, к.к.д, маса тощо). В тезах розглядається перший етап побудови моделі системи охолодження – побудова та дослідження моделі елемента Пельтьє. Отримані результати дають змогу коректно спроектувати систему керування елементами Пельтьє для підтримання стабільного температурного режиму роботи теплогенеруючих компонентів пристрою.

Мета роботи. Розробка математичної моделі елемента Пельтьє, отримання залежності температури «холодної» сторони елемента від таких параметрів, як щільність струму та температура «теплої» сторони.

Виклад основного матеріалу. Об'єкт моделювання – елемент Пельтьє розмірами 2x2x10 мм (Рис. 1,а). Матеріал основної частини телурид вісмуту, торці 2x2 мм покриті мідними пластинами товщиною 0,1 мм. При проходженні електричного струму через елемент Пельтьє між мідними пластинами на торцях елемента виникає перепад температур. При штучному охолодженні «теплого» торця елемента знижується температура «холодного» торця. І навпаки, при нагріванні «холодного» торця, температура «теплого» торця також підвищується. Принцип системи охолодження на основі елементів Пельтьє – примусове контрольоване охолодження «теплої» сторони елемента з метою підтримання стабільного теплового режиму теплогенеруючих елементів при змінних режимах роботи лазерного пристрою.

Термоелектричні процеси, що відбуваються в елементі Пельтьє при проходженні струму описуються наступним рівнянням:

$$\rho \cdot c_p \cdot \nabla T = \nabla(k \cdot \nabla T - P \cdot (-\sigma \cdot \nabla V + J_e)) + Q,$$

де ρ – густина матеріалу, c_p – питома теплоємність, T – температура, k – коефіцієнт теплопровідності, P – коефіцієнт Пельтьє, σ – коефіцієнт електропровідності, V – електричний потенціал, J_e – питома щільність струму, Q – зовнішній тепловий потік. Коефіцієнти теплопровідності, Пельтьє та електропровідності розглядались як функції температури.

Моделювання проводилось в середовищі COMSOL. На Рис. 1,б показано розбиття елемента кінцевоелементною сіткою, Результати моделювання наведені на Рис.1, відповідно, розподіл температур при щільності струму 10 А/см² (Рис.1, в), залежність перепаду температур від щільності струму (Рис.1, г).

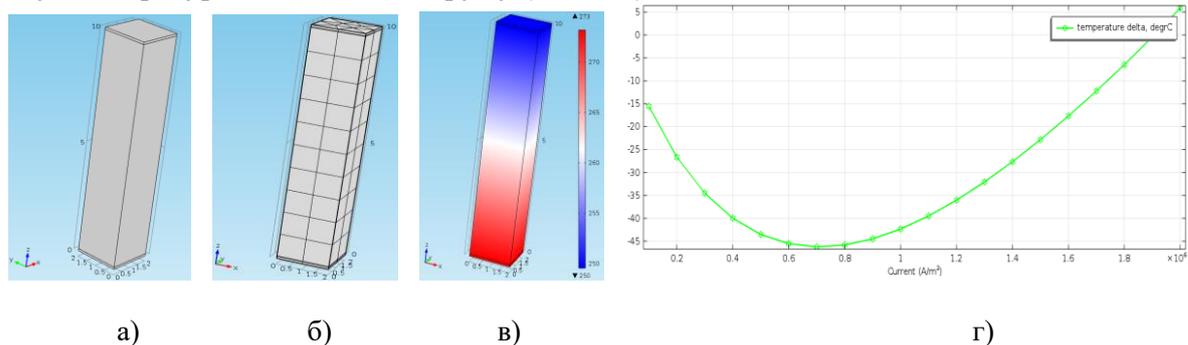


Рис. 1. 3-D модель елемента Пельтьє (а) та її розбиття КЕ сіткою (б) і розподіл температур при щільності струму 10 А/см² (в), Залежність перепаду температур від щільності струму (г)

Висновки. В результаті виконання експериментального дослідження завадостійкості бінарних цифрових модемів шумових сигналів було отримано експериментальну оцінку. Експериментальні оцінки завадостійкості цифрових модемів підтверджують попередньо отримані результати імітаційного моделювання та теоретичні оцінки основані на застосуванні апарату характеристичних функцій.

Список використаних джерел

1. Скляр, М. О. Елементи Пельтьє: переваги, недоліки, сфери використання / М. О. Скляр, Л. М. Олещук // Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена дню Науки. Секція «Машинобудування», підсекція «Лазерної техніки та фізико-технічних технологій»: тези доповідей, 2014 р., м. Київ. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 11-12.
2. Поплавко Ю.М., В.І. Ільченко, Воронов С.А., Якименко Ю.І. Фізичне матеріалознавство. Частина IV. Напівпровідники: Навчальний посібник. Київ, видавництво «Політехніка» Національного Технічного університету України, 2010. 342 с.
3. Goldsmid H.J.: Introduction to Thermoelectricity, Springer 2009.
4. G. S. Nolas, J. Sharp, and H. J. Goldsmid, Thermoelectrics: Basic Principles and New Materials Developments (Springer, New York, 2001)

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ У СИСТЕМІ «ВОДА – РОСЛИННА СИРОВИНА»

Куриленко Ю.М., Андронович Г.М, Сухенко В.Ю.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. В матеріалах тез проводиться аналіз процесу ультразвукового екстрагування у системі «вода – рослинна сировина» із застосуванням сучасних інформаційних технологій в частині оптимізації параметрів екстракції шляхом комп'ютерного моделювання цього процесу. Дослідження зосереджені на використанні математичного процесора MathCad для створення регресійного рівняння процесу ультразвукового екстрагування, що дозволяє проводити оперативне оброблення експериментально отриманих даних та визначення оптимальних режимів екстракції, що дозволяє підвищити ефективність процесу та отримати більш якісний продукт. Метою наукової роботи є проведення комплексного дослідження та підвищення ефективності процесу ультразвукового екстрагування в системі «вода – рослинна сировина» із застосуванням інформаційних технологій для оптимізації параметрів екстракції шляхом комп'ютерного моделювання цього процесу у математичному процесорі MathCad, чим якісно покращити виготовлення функціональних напоїв. Основним завданням роботи є підвищення ефективності процесу ультразвукової екстракції із застосуванням інформаційних технологій для оптимізації параметрів цього процесу шляхом створення його комп'ютерної моделі із використанням методу планування експерименту, що дозволить отримати кращі рекомендації для одержання та застосування рослинної речовини у технології виготовлення функціональних напоїв. Об'єктом дослідження є процес екстрагування корисних речовин з рослинної сировини; предмет дослідження – інформаційна технологія оптимізації параметрів процесу екстрагування шляхом його комп'ютерного моделювання. В процесі комп'ютерного моделювання обрано та складено план експерименту та отримано рівняння багатofакторної регресії, яким описується процес екстрагування за факторами зміни гідромодуля, температури та тривалості. Оптимізовано умови одержання рослинних екстрактів із максимально можливим вмістом у них екстрактивних речовин для застосування у технології виготовлення функціональних напоїв. Розроблена інформаційна технологія в основі якої лежить статистична комп'ютерна модель дає можливість прогнозувати ступінь вилучення корисних речовин з рослинної сировини методом ультразвукової екстракції, що дозволяє автоматизувати та комп'ютеризувати процес екстрагування.

Ключові слова: інформаційна технологія, екстрагування, комп'ютерна модель, функціональний напій, рівняння регресії.

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR MODELLING THE EXTRACTION PROCESS IN THE "WATER – PLANT RAW MATERIALS" SYSTEM

Kurylenko Y., Andronovych H., Suhenko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The thesis analyses the process of ultrasonic extraction in the water-plant material system using modern information technologies in terms of optimising the extraction parameters by computer modelling of this process. The research is focused on the use of the MathCad mathematical processor to create a regression equation for the ultrasonic extraction process, which allows for the rapid processing of experimentally obtained data and determination of optimal extraction modes, which allows for an increase in process efficiency and a higher quality product. The aim of the research work is to conduct a comprehensive study and improve the efficiency of the ultrasonic extraction process in the water-plant material system using information technology to optimise the extraction parameters by computer modelling this process in the MathCad mathematical processor, thereby qualitatively improving the production of functional beverages. The main objective of the work is to increase the efficiency of the ultrasonic extraction process using information technology to optimise the parameters of this process by creating its computer model using the experiment planning method, which will provide better recommendations for the production and use of plant matter in the technology of functional beverage production. The object of research is the process of extraction of useful substances from plant materials; the subject of research is the information technology for optimising the parameters of the extraction process by computer modelling. In the course of

computer modelling, an experiment plan was selected and drawn up, and a multivariate regression equation was obtained that describes the extraction process by factors of change in the hydraulic module, temperature and duration. The conditions for obtaining plant extracts with the highest possible content of extractive substances for use in the technology of making functional drinks were optimised. The developed information technology based on a statistical computer model makes it possible to predict the degree of extraction of nutrients from plant material by ultrasonic extraction, which allows to automate and computerise the extraction process.

Keywords: information technology, extraction, computer model, functional drink, regression equation

Вступ. Щороку зростає інтерес виробників та споживачів до розроблення та споживання нових видів функціональних напоїв без застосування штучних хімічно модифікованих ароматизаторів та барвників. Винятковий вплив на розвиток харчової промисловості припадає на виробництво безалкогольних напоїв функціонального призначення [1]. Зважаючи на тенденції розвитку світового та українського ринку функціональних напоїв, асортимент та обсяги такої безалкогольної продукції з кожним роком зростає. Особливої уваги набуває технологія виробництва функціональних напоїв збагачених корисними речовинами з рослинної сировини методом ультразвукової екстракції з використанням інформаційних технологій, чим підвищується харчова та біологічна цінність таких напоїв. Також, екстрактивні речовини рослинної сировини надають можливість отримати напої з бажаним смаком, кольором, зовнішнім виглядом та підвищують їхню стійкість, що дає змогу віднести їх до продуктів функціонального призначення [2].

Мета роботи. Проведення комплексного дослідження та підвищення ефективності процесу ультразвукового екстрагування в системі «вода – рослинна сировина» із застосуванням інформаційних технологій для оптимізації параметрів екстракції шляхом комп'ютерного моделювання цього процесу у математичному процесорі MathCad, чим якісно покращити виготовлення функціональних напоїв.

Постановка задачі. Враховуючи, що рослинна сировина є одним із головних джерел натуральних біологічно активних речовин для експериментального дослідження обиралася меліса лікарська, яка за мінімальних екстрактивних значень позитивно впливає на організм людини та сприяє зниженню стресу та покращенню настрою [3]. В той же час, для підвищення ефективності процесу ультразвукового екстрагування виникає гостра необхідність у створенні інформаційної технології, математично-розрахунковий апарат якої базується на комп'ютерній моделі такого процесу із використанням методу планування експерименту, що дозволить отримати кращі рекомендації для одержання та застосування, наприклад, екстрактів меліси у технології виготовлення функціональних напоїв.

Вирішення проблеми. Для вилучення з меліси лікарської біологічно активних речовин, необхідно проводити екстрагування рослинної сировини мацерацією (настоюванням) при наступній дії на такий розчин високочастотних акустичних коливань (ультразвуку) [2]. В якості екстрагенту в науковій роботі використовується питна вода, яка більш доступна та більш безпечніша за інші екстрагенти. При цьому, під час ультразвукового екстрагування в розчин переходять смако-ароматичні сполуки, зокрема: полісахариди, пігменти, органічні кислоти, циклічні спирти, а також антиоксиданти – біофлавоноїди, дубильні речовини, вітаміни, мікроелементи.

Вплив різних факторів на швидкість переходу екстрактивних речовин у розчин досліджувався за їх можливими параметрами. При цьому, параметри екстрагування варіювали в межах: для гідромодулю (X_1) – від 1 до 10, температури (X_2) – від 40 до 80 °C, тривалості процесу екстрагування (X_3) – 20 – 80 хв. В той же час, вміст екстрактивних речовин (Y) визначався кожні 10 хв. Процес вважався завершеним, коли їх вміст цих речовин не змінювався впродовж 10-20 хв.

Як показує попередній аналіз для регресійної моделі $Y = f(X_1, X_2, X_3)$ найкращі результати на тестовій та CV вибірках отримано для архітектури MLP – 1-0-M із кількістю нейронів прихованого шару $n_1 = 10$, $n_2 = 8$. Детальний аналіз архітектур нейромереж за

похибкою MAE (mean absolute error performance function) та коефіцієнтом детермінації показує найкращі результати для архітектури нейромережі із двома прихованими шарами MLPR-2-B-L та методом навчання LevenbergMarquardt.

В цьому дослідженні кількість нейронів першого та другого прихованого шару варіювалася від 10-40 і найкращі результати за похибкою MAE навчальної та CV вибірок має наступна архітектура MLPR-2-30-15-1(LM), яка зображена на рис. 1.

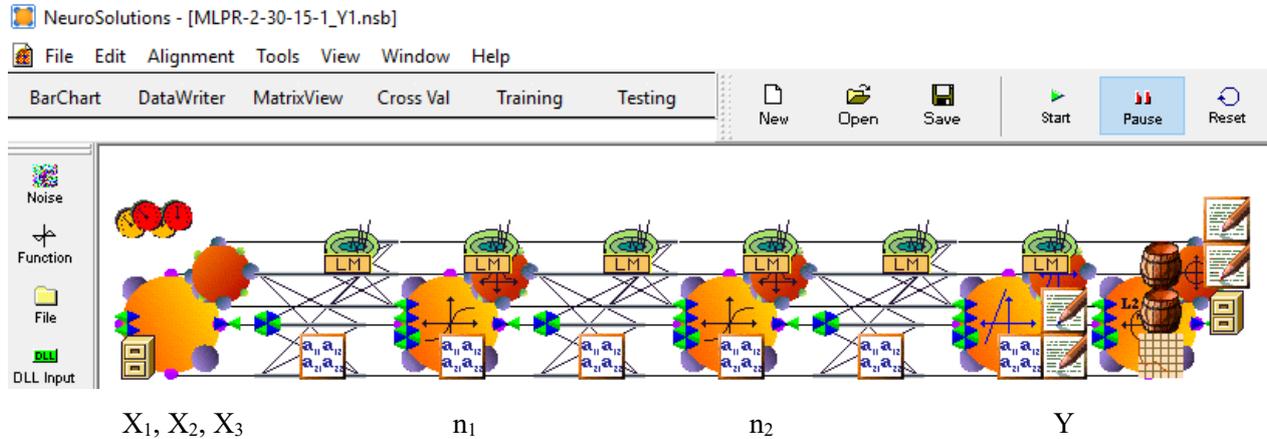


Рис. 1. Нейронна мережа MLPR-2-30-15-1(LM): X_1, X_2, X_3 – вхідні параметри нейромережі; прихований шар 1 із кількістю нейронів у шарі n_1 ; прихований шар 2 із кількістю нейронів у шарі n_2 ; Y – вихідний шар нейромережі

В результаті навчання нейромереж отримано вагові коефіцієнти (також відомі як параметри моделі) які є числовими значеннями, що визначають вплив кожної вхідної змінної на вихід моделі. Вони є результатом процесу навчання нейронної мережі з використанням даних навчання. Отримані вагові коефіцієнти відображають "знання", які нейромережа набула під час навчання на вхідних даних та в подальшому будуть використовуватися для отримання передбачення вихідного значення Y за результатами X_1, X_2, X_3 . Чим більша точність моделі, тим більш значущі і точні є вагові коефіцієнти [4].

Розроблені моделі реалізують рівняння регресійної моделі для передбачення вмісту екстрактивних речовин відносно параметрів екстракції.

$$Y_{\text{перп.}} = \sum_{m=1}^{\text{number}_2} \left(\alpha_{\text{out}_m} \cdot \text{th} \left(\left(\sum_{k=1}^{\text{number}_1} \left(w_2^{(k)} \right)_m \cdot \left(\text{th} \left(\sum_{j=1}^{\text{number_input}} \left[w_1^{(j)} \right]_k \cdot X^{(j)} \right) + b_{1k} \right) \right) \right) + b_{2m} \right) + b_{\text{out}}, \quad (1)$$

де α_{out} - вагові коефіцієнти вихідного шару нейромережі вхідних параметрів; th – активаційна функція; w_2 - вагові коефіцієнти другого прихованого шару нейромережі; w_1 - вагові коефіцієнти першого прихованого шару нейромережі; X - нормалізація вхідних даних за котрими відбувається передбачення ширини різку; b_1 - вагові коефіцієнти зміщення першого прихованого шару нейромережі; b_2 - вагові коефіцієнти зміщення другого прихованого шару нейромережі; b_{out} - вагові коефіцієнти зміщення вихідного шару нейромережі.

Результати роботи отриманих нейромереж для навчальної, тестової, CV вибірок та декількох передбачуваних значень для $Y = f(X_1, X_2, X_3)$ показано на рис.2.

Отримана регресійна модель має середню похибку апроксимації $\text{MAPE} = 0.32\%$, експериментальне значення показника Фішера $F_{3;196}^{\text{експ}} = 21874$, а критичне значення цього критерію з рівнем значущості $\alpha=5\%$ та числом степенів свободи $v_R=196$, $v_D=3$ складає

$$F_{\alpha; v_D; v_R}^{\text{крит}} = F_{0.05; 3; 196}^{\text{крит}} = 2,65. \text{ Отже, умова } F_{v_D; v_R}^{\text{експ}} > F_{\alpha; v_D; v_R}^{\text{крит}}, \text{ де } F_{v_D; v_R}^{\text{експ}} = \frac{MS_D}{MS_R} \text{ виконується, регресійна}$$

модель адекватна і прогноз результатів по моделі не суперечить дійсності.

Регресійна модель інформативна, оскільки $R^2 > 0,95$ (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0.997$), та значимо достовірна за F-критерієм при рівні значущості 5 %, оскільки умова $F_{V_D; V_R}^{\text{експ}} > F_{\alpha; V_D; V_R}^{\text{крит}}$, де $F_{V_D; V_R}^{\text{експ}} = \frac{MS_D}{MS_R}$ виконується для експериментального значення $F_{3; 196}^{\text{експ}} = 21601$.

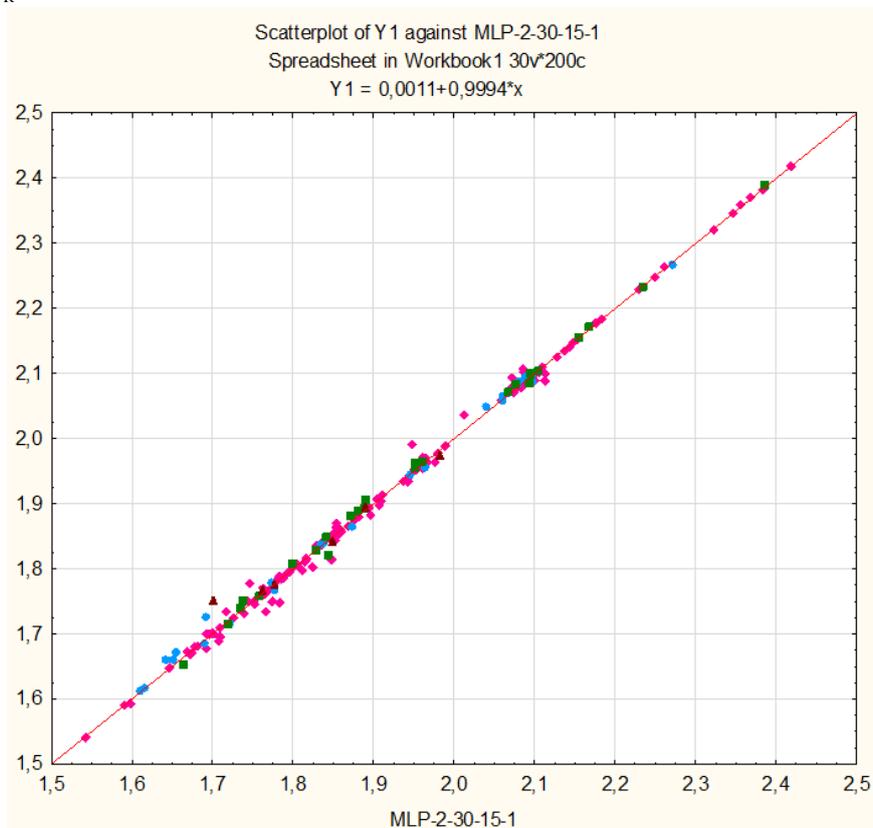


Рис. 2. Діаграма розсіювання ($Y = f(X1, X2, X3)$)

Таким чином, із залученням спеціального програмного забезпечення Neuro Solutions та MathCAD створено регресійні моделі $Y = f(X1, X2, X3)$, які дозволяють з високою точністю (розбіжність між результатами отриманими за допомогою регресійної моделі й експериментально отриманими даними становить 0,305 - 0,663%) визначати вміст екстрактивних речовин Y відносно параметрів екстрагування (гідромодуль $X1$, температури $X2$, тривалості процесу екстрагування $X3$).

Висновок. В ході комплексного дослідження, що проводилося в рамках цієї наукової роботи розроблена інформаційна технологія в основі якої лежить статистична комп'ютерна модель, результатом розв'язання якої є рівняння регресії, що дало змогу оперативно та з достатньою точністю прогнозувати ступінь вилучення корисних речовин з рослинної сировини в залежності від гідромодуля, температури та тривалості процесу ультразвукового екстрагування в системі «вода – рослинна сировина».

Список використаних джерел.

1. Singla M., Sit N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. Vol. 73. P. 105506.
2. Сучасний стан та перспективи ринку напоїв в Україні. URL: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/2549/1/20160428-29_TEZY_V3_P179.pdf (дата звернення: 25.03.2023).
3. Jha A. K., Sit N. (2022). Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 119. P. 579-591.
4. Субботін С. О. (2020). Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. Житомир: Вид. О. О. Євенок. 184 с.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В НЕБЕЗПЕЧНИХ ДОРОЖНІХ СИТУАЦІЯХ

Рудь М.П., Тарандушка Л.А., Батраченко О.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. На сьогодні безпілотні транспортні засоби справляються зі складнощами реального водіння у простих дорожніх умовах значно краще ніж середньостатистичний водій. Однак поки, що повноцінний автопілот, який не потребує втручання людини водія не виходить за межі випробувальних майданчиків. Зокрема це пов'язано з необхідністю забезпечити його адекватну реакцію в можливих найскладніших ситуаціях на дорозі. В даній роботі пропонується з використанням методів обчислювальної аеродинаміки дослідити вплив на стабільність руху транспортного засобу ефектів які можуть виникати в результаті змін тиску повітря спричинених дією аеродинамічних потоків від інших транспортних засобів, а також під дією вітру направлено під різними кутами до напрямку руху транспорту. Отримані розрахункові дані призначені для машинного навчання штучного інтелекту транспортних засобів (ТЗ).

Ключові слова: обчислювальна аеродинаміка, комп'ютерне моделювання, безпілотний транспортний засіб.

COMPUTER MODELING OF THE AERODYNAMIC BEHAVIOR OF AUTONOMOUS VEHICLES IN DANGEROUS ROAD SITUATIONS

Rud M., Tarandushka L., Batrachenko O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. Today, unmanned vehicles cope with the complexities of real driving in simple road conditions much better than the average driver. However, so far, a full-fledged autopilot, which does not require human intervention from the driver, does not go beyond the test sites. In particular, this is due to the need to ensure its adequate response in possible difficult situations on the road. In this work, it is proposed to use the methods of computational aerodynamics to investigate the impact on the stability of the vehicle movement of the effects that may arise as a result of changes in air pressure caused by the action of aerodynamic flows from other vehicles, as well as under the influence of wind directed at different angles to the direction of the vehicle. The obtained calculated data is intended for machine learning of artificial intelligence of vehicles.

Keywords: computational aerodynamics, unmanned vehicle, computer modeling.

Вступ. Поява безпілотних транспортних засобів відкриває нові горизонти з точки зору безпеки руху, енергоефективності, продуктивності та надійності транспорту. Використовуючи можливості обчислювальної гідродинаміки, дослідники зараз поглиблюються у тонкощі того, як автономні транспортні засоби поведуться аеродинамічно у критичних ситуаціях. Зокрема в роботах [1,2] розглядається потенціал зниження коефіцієнта опору в автономних транспортних засобах за рахунок руху за першим ТЗ в колоні.

Мета роботи – генерація даних для навчання та перевірки штучного інтелекту транспортних засобів, шляхом комп'ютерного моделювання маневру обгону вантажного автомобіля, легковим автомобілем та мотоциклом в умовах бокового вітру.

Формулювання проблеми. В попередніх дослідженнях [3] було визначено найбільш небезпечні зони, з точки зору дії аеродинамічних сил які виникають при обгоні мотоциклом великогабаритного вантажного автомобіля. Враховуючи, що на сьогодні на дорогах загального користування можна зустріти легкові автомобілі з частковим автопілотом, а також проводяться інтенсивні випробовування виробниками двоколісних ТЗ з автопілотом, важливим завданням є розширення досліджень за участю легкових автомобілів, та впливу бокового вітру.

Основна частина. Нами було проведено комп'ютерне моделювання аеродинамічних сил, для вище зазначених ситуацій. Моделювання проводилось при русі транспортних засобів зі швидкістю 30 м/с (108 км/год). Для дослідження швидкість вітру була обрана максимальна, при якій ще не застосовуються обмежувальні заходи на дорогах загального користування – 15 м/с. Для підвищення достовірності результатів розрахунки перевірені з використанням кількох інструментів CFD моделювання: Solidworks Flow Simulation, Autodesk CFD, OpenFOAM. На рисунку 1, показано розрахунок швидкості аеродинамічних потоків для вище зазначених характеристик.

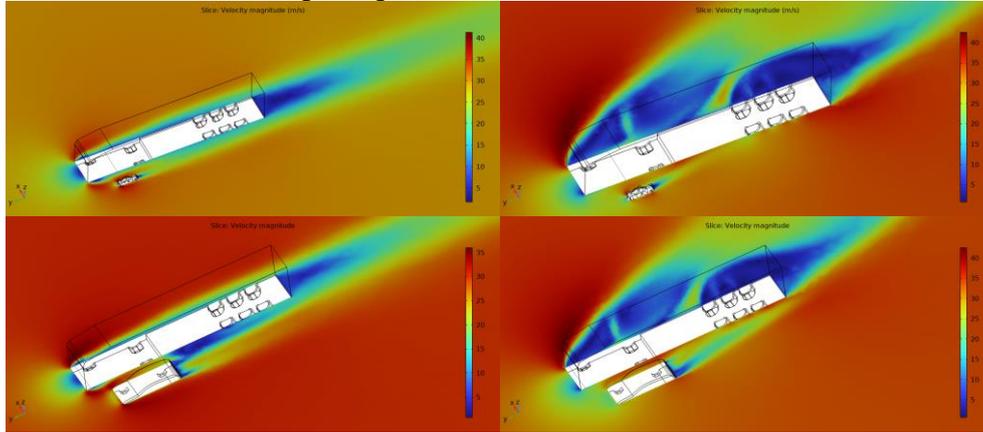


Рис. 1. Результати розрахунку обгону вантажівки мотоциклом та легковим автомобілем без врахування бокового вітру та при боковому вітрі 15 м/с

Показники, які були розраховані в досліджуваних ситуаціях (Таблиця 1): A_x , m^2 – площа проєкцій транспортних засобів на вісь X (поперечно до напрямку руху), V_{Wind} , м/с – швидкість бокового вітру, P_x , Н – сила тиску повітря, V_x , Н – сила в'язкого опору руху на проєкції транспортних засобів, Cd_x , – коефіцієнт опору, TF_x , Н – загальна аеродинамічна сила, що діє на транспортні засоби, Csf_x , – коефіцієнт в'язкого опору.

Таблиця 1

Обчислення сил, які діють на мотоцикл та легковий автомобіль при обгоні вантажівки

	A_x , m^2	V_{Wind} , м/с	P_x , Н	V_x , Н	Cd_x	TF_x , Н	SF_x , Н	Csf_x
Мотоцикл	2,0337	0	-35,927	-0,1788	-0,03272	-36,106	-0,1788	-0,00016
		15	149,75	1,0837	0,13636	150,84	1,0837	0,000987
Автомобіль	5,4353	0	-249,81	-2,0735	-0,08511	-251,88	-2,0735	-0,00071
		15	979,15	6,1954	0,33361	985,35	6,1954	0,002111

Висновки. В результаті дослідження було визначено структуру турбулентного потоку при обгоні вантажівки легковим автомобілем та мотоциклом при відсутності бокового вітру та при вітрі зі швидкістю 15 м/с. Визначено аеродинамічні сили, що діють на ТЗ в цих випадках. Показано, що відбувається значна зміна напрямку поперечної сили, що діє на легковий автомобіль (з -250 Н до 980 Н) та мотоцикл (з -36 Н до 150 Н) при виникненні вітру, що може призвести до втрати керованості ТЗ.

Список використаних джерел

1. Tarandushka, L., Rud, M., & Batrachenko, O. (2023). Aerodynamic Analysis of the Influence of Air Flows From a Truck on Motorcycle Motion. In Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences (Vol. 1, Issue 7(38), pp. 127–135). Central Ukrainian National Technical University. [https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.7\(38\).1.127-135](https://doi.org/10.32515/2664-262x.2023.7(38).1.127-135).
2. Gritsuk, I. V., Batrachenko, O., Tarandushka, L., Mitienkova, V., Bazhinov, O., & Bazhynova, T. (2022). Rationale for New Ways to Reduce the Aerodynamic Resistance of Road Trains. In SAE Technical Paper Series. Automotive Technical Papers. SAE International. <https://doi.org/10.4271/2022-01-5080>.
3. Buscariolo, Filipe & Rosilho, Vinicius. (2014). Comparative CFD Study of Outside Rearview Mirror Removal and Outside Rearview Cameras Proposals on a Current Production Car. SAE Technical Papers. 13. 16-26. <https://doi.org/10.5151/engpro-simea-PAP4>.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИКЛАДНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ РОЗРОБОК ДЛЯ ЕКСПРЕС ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ

Сергєєва О.В., Фролова Л.А.

ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Пропонується пристрій для експрес-оцінки якості води на наявність домішок. Основний принцип дії запропонованого пристрою ґрунтується на використанні контактної нерівноважної плазми зниженого тиску (КНПЗТ). Проведені дослідження показують, що при обробці води КНПЗТ наявність домішок обумовлює зміну кольору стовпа плазми. Цей фактор дозволяє як виявити домішки за декілька секунд, так при наявності певної бази даних, вказати їх вид. Зазначимо, що сучасні технології дозволяють створювати дуже компактне обладнання, яке може мати керування через власні мікропроцесорні системи або мати суміщене з комп'ютерним управлінням для швидкого опрацювання даних.

Ключові слова: контактна нерівноважна плазма зниженого тиску, технологічний процес, експрес-аналіз, прикладна розробка.

USE OF APPLIED COMPUTER DEVELOPMENTS FOR EXPRESS ASSESSMENT OF WATER QUALITY

Sergeyeva O., Frolova L.

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

Abstract. A device for express assessment of water quality is proposed. The main principle of operation of the proposed device is based on the use of contact non-equilibrium reduced pressure plasma (CNRPP). The conducted studies show that during the treatment of the liquid of the CNRPP, the color of the plasma column changes with the appearance of impurities in the water. The advantages of using CNRPP are the use of small currents that are safe for humans, the sufficient simplicity of obtaining them, and the universality of application for assessing the presence of impurities. It should be noted that modern technologies make it possible to significantly simplify existing devices, create compact equipment in combination with computer control and fast data decoding.

Keywords: low-pressure non-equilibrium contact plasma, technological process, express analysis, applied developments.

Вступ. Останнім часом якості води приділяється особливе значення. У зв'язку із глобальною зміною клімату, забрудненням водних джерел та зміною складу води стає необхідним швидко реагувати на ці зміни. І тому можливість швидкої оцінки наявності домішок зростає з кожним днем (Saeed, et al, 2016; Khalid, et.al, 2023).

Мета даної роботи – розроблення пристрою для експрес-оцінки наявності домішок у воді.

Постановка задачі. Відзначимо, що, на ринку інструментів та обладнання для експрес аналізу води є досить велике різноманіття (Culligan, 2024) від наборів індикаторних смужок для вимірювання рН, комплектів, що складаються з тестерів якості води, наприклад з солеміру TDS EC та рН-метру – рН-02 до аналізаторів типу BS-230 (біохімічний). Діапазон цін від 60 грн за набір індикаторних смужок для вимірювання рН, до 473000 грн для аналізаторів. З них рН метри роблять виміри рН показників води (активності іонів водоводу) для контролю якості води, яка використовується на виробництвах, у побуті, для харчування або акваріумів. Хлорметр – універсальний прилад визначення концентрації активного хлору та рівня рН; TDS-метр – сучасні електронні пристрої для визначення рівня солей та мінералів, жорсткості, електропровідності. Ведеться визначення кількісних показників. Кондуктометр – надточне обладнання, яке проводить тонкий хімічний аналіз середовища методом визначення електропровідності, фототестери, що визначають рН води, загальну

жорсткість, загальну лужність, нітрати та загальне залізо. Набори експрес тестів стандартно визначають вільний хлор, рН, загальну лужність, розширені тести включають ще карбонатну жорсткість, нітрити, нітрати. Деякі тестери типу фотометра eXact Micro 20 (США) дозволяють визначити до 40 параметрів, включаючи марганець, нітрати, озон, оцтову кислоту, сульфіді, сульфати тощо, проте ціна на такі прилади починається від 30000 грн.

Основна частина. Серед існуючих методів, що дозволяють оцінити наявність домішок у воді найбільш широкий діапазон охоплюють методи на основі використання спектрального та фото аналізу. Але, деякі з цих методів, маючи високу якість, вимагають багато витрат як часу, так і кількості досліджуваного матеріалу, крім того, таке обладнання як правило має досить великі розміри і не мобільним. Обладнання для отримання контактної нерівноважної плазми зниженого тиску (КНПЗТ) (Sergeyeva, O. & Pivovarov A., 2017) вже зараз має пересувний та мобільний формат. Наразі його використовують для обробки рідких середовищ з ціллю знищення мікроорганізмів та інших шкідливих біодомішок, видалення полівалентних металів, отримання нанорозмірних часток деяких металів або їх оксидів та інше. Проведені дослідження показують, що при обробці рідини КНПЗТ відбувається зміна кольору стовпа плазми з появою у воді домішок..

Нерівноважна плазма зниженого тиску, що виникає між електродом в газовій фазі і електродом, що знаходиться під поверхнею рідини (грає роль рідкого електрода), може утворюватися за наявності напруги (порядку 1500-2000 V) і струму, порядку 10-150mA в ході пробою, утворенні і наступному запалюванні розряду. Горіння плазми супроводжується наявністю досить яскравого полум'я, інтенсивність якого залежить кількості заряджених частинок у ньому, а колір від сполук, що утворюються в полум'ї розряду. Принципова схема пристрою включає непрозорий реактор, що складається з двох частин, нижня частина являє собою резервуар для рідини з вбудованим електродом. Верхня частина є циліндром, з сорочкою охолодження, в стінки вбудовані дві камери, що передають зображення на рідкокристалічний екран і на ноутбук, комп'ютер планшет або смартфон. Також у ній передбачено отвір для підключення ручного вакууматора, що дозволяє створити область зниженого тиску реакторі при з'єднанні обох частин. Після заповнення резервуару та відкачування зайвого повітря реактор встановлюється на стійку, що складається з блоку живлення, блоку управління, що включає кнопку запалювання плазми та пристрої керування силою струму в діапазоні від 10 -200mA. При запалюванні створюється короткочасна напруга порядку 2000V, далі процес йде в діапазоні 450-500V. Використання непрозорого реактора дозволяє прибрати перешкоди, пов'язані з різною освітленістю стовпа плазми. Камери, вбудовані у верхню частину реактора, дозволяють отримувати інформацію про стан стовпа плазми та його колірні характеристики. Порівняння колірних характеристик з наявною, постійно поповнюваною базою даних дозволяє проводити оцінку наявності домішок, а ряді випадків та їх якості.

Пристрій та система обробки та контролю складають єдину систему, яка складається з: блоку живлення; камери з розрішенням 12 мп; камера з розрішенням 12 мп, мікроконтролера ATmega8; пристрою виводу і друку інформації (персональний комп'ютер з консоллю для друку). У систему входять також: набір електродів для роботи з реакторним блоком; набір вакууматора для роботи з реакторним блоком: амперметр; вольтметр ;набір датчиків: тиску, теплові та рівня води та Wi-Fi.

Блок живлення А1, що складається з силового трансформатору, моста напруг, двох стабілізаторів напруги з випрямлячами для отримання стабілізованої напруги 5В, забезпечує роботу світлових індикаторів готовність, підпал та кнопок SA4 готовий до аналізу та SA5 (готовий для роботи з іншим розчином). Постійна напруга 24В забезпечує роботу електронних комутаційних пристроїв SA3 і SA6. Блок живлення підключається до мережі ~220В, 50Гц, тумблером SA1. Підготовчі операції та робота системи.Для включення системи в роботу необхідно виконати ряд наступних операцій):загрузка реактора; зниження тиску, включення живлення, підпал заряду та включення камер.Після виконання підготовчих операцій і включення живлення, здійснюється програмно-логічне управління мікроконтролером (МК) А4. Управління МК системою здійснюється таким чином:

тумблером SA1 включається мережа блоку живлення (A1). Стабілізована напруга 5В і 24В поступає на пристрої системи, забезпечуючи їх роботу, про що сигналізує світлоіндикатор “Готовність 1”(HL1). МК перемикає SA2 в режим запису камерою 1 інформації, а SA3, в режим включення камери 2. Після перетворення в АЦП інформації, ліченої по лінії вх. 1, МК заносить інформацію ОЗП та передає до А5, де виконується пошук відповідності БД.

Зазначимо, що даний пристрій потенційно здатний визначати більше 40 параметрів, а собівартість його менше, ніж у фототестера.

Висновки. Отже, запропонований пристрій має спроможність проводити експрес-тестування води у малих об’ємах, зі швидкістю до кількох хвилин, до яких входить і аналіз даних що отримано із базу, яка швидко поповнюється. Цей фактор дозволяє як виявити домішки за декілька секунд, так при наявності певної бази даних, вказати їх вид. Зазначимо, що сучасні технології дозволяють створювати дуже компактне обладнання, яке може мати керування через власні мікропроцесорні системи або мати суміщене з комп’ютерним управлінням для швидкого опрацювання даних.

Потенційно, враховуючі зростання бази даних та здатність комп’ютерних технологій до розпізнання мільйонів кольорів та їх відтінків, запропонований пристрій може розрізняти якісно, а при більш точній настройці і кількісно більш ніж 40-50 параметрів.

Список використаних джерел

1. Khalid, W., Shiyi, C., Nigata, M.R., Ali, A., Alrefaei, A. F., Almutairi, M. H., Kulsoom, I., Hussain, W., & Jat-Baloch, M. Y. (2023) Tap Water Quality: Challenges and Psychological Consequences. *Water*, 15. 3987. <https://doi.org/10.3390/w15223987>
2. Saeed, M., Omer, V., Mahmoud, A., & Nimir, H. B. (2016). *Systematic Software Supported Approach to Diagnose Oilfield Expressive Water Production Problems*. 7th Annual Conference for Postgraduate Studies and Scientific Research Basic Sciences and Engineering Studies University of Khartoum. Theme: Scientific Research and Innovation for Sustainable Development in Africa 20-23 February 2016, Friendships Hall, Khartoum, Sudan. *Procddings*, 1. 1-7 www.ejournals.uofk.edu
3. Culligan (2024) Everything You Need to Know About Water Tasting <https://www.culligan.com/blog/everything-you-need-to-know-about-water-testing>
4. Sergeyeva, O. & Pivovarov A. (2017). Determination of optimal parameters for the production of copper-containing particles during plasma-chemical treatment of aqueous solutions, *Technology Audit and Production Reserves*. 4/3(36), 4-8. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109145>

КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКИ ЗМІЦНЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СКЛА НАПРУЖЕННЯМИ СТИСКУ

Смоляр А.М., Мірошкіна І.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Обробка електронним променем частини поверхні елементів зі скла в місцях виникнення значних напружень розтягу призводить до утворення у приповерхневому шарі попередньо напруженої області підвищеної міцності. Об’єктом чисельного дослідження зміцнення є захисна оболонка пристрою самонаведення у вигляді сферичного меніска зі скла. Частина поверхні меніска обробляється електронним променем. При цьому у приповерхневому шарі утворюється область напружень стиску. Предметом дослідження є визначення областей обробки поверхні меніска, оцінка впливу напружень стиску, що утворилися при обробці, на міцність меніска. У роботі описана, розроблена авторами, теорія просторових осесиметричних тіл та ПК «INTEGRAL-SV» для комп’ютерного моделювання механіки зміцнення меніска. Чисельним експериментом визначені області обробки поверхні меніска та виконана оцінка впливу напружень стиску в приповерхневому шарі на міцність сферичного меніска.

Ключові слова: теорія просторових осесиметричних тіл, ПІК «INTEGRAL-SV», зміцнення меніска, електронний промінь, напруження стиску.

COMPUTER MODELING OF STRENGTHENING MECHANICS OF GLASS STRUCTURAL ELEMENTS BY COMPRESSIVE STRESSES

Smolyar A., Miroshkina I.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The electron beam treatment of a segment of the surface of glass elements in places of significant tensile stresses leads to the formation of a prestressed area of increased strength in the near-surface layer. The object of the numerical study of strengthening is the protective glass shell of the homing device. It has the shape of a spherical meniscus. Part of the meniscus surface is treated with an electron beam. This creates an area of compressive stress in the near-surface layer. The subject of the study is to determine the areas of meniscus surface treatment and to assess the effect of compression stresses generated during treatment on meniscus strength. In this paper, the authors describe the theory of spatial axisymmetric bodies and the «INTEGRAL-SV» software package for computer modeling of meniscus strengthening mechanics. The areas of the meniscus surface treatment were determined by means of a numerical experiment and the influence of compressive stresses in the near-surface layer on the strength of a spherical meniscus was evaluated.

Keywords: theory of spatial axisymmetric bodies, «INTEGRAL-SV» software package, meniscus strengthening, electron beam, compressive stress.

Виклад основного матеріалу. Сучасні технології зміцнення конструктивних елементів базуються на досягненнях 3D друку, на зміцненні за рахунок оптимізації геометричних параметрів об'єктів, також за допомогою формування областей напружень стиску при поверхневій обробці променевими технологіями тощо.

Об'єктом чисельного дослідження зміцнення є захисна оболонка пристрою самонаведення у вигляді сферичного меніска зі скла (рис. 1, а). Обробка електронним променем частини поверхні меніска призводить до утворення у приповерхневому шарі області напружень стиску та значного зростання модуля пружності. Такий ефект подібний до утворення попередньо напруженого арматурного шару [1].

Метою роботи є комп'ютерне дослідження оцінки впливу попередньо напруженого арматурного шару на міцність сферичного меніска. Основою комп'ютерної моделі є розроблена авторами теорія просторових осесиметричних тіл [2]. Система диференціальних рівнянь просторової задачі теорії пружності перетворюється за допомогою узагальненого методу скінченних інтегральних перетворень. Потім редукована задача розв'язується чисельно. Алгоритм чисельного розв'язку реалізований у програмному комплексі «INTEGRAL-SV» [3]. Спочатку було розраховано області поверхні шару меніска під дією експлуатаційного навантаження, що потребують обробки електронним променем (рис. 1, б).

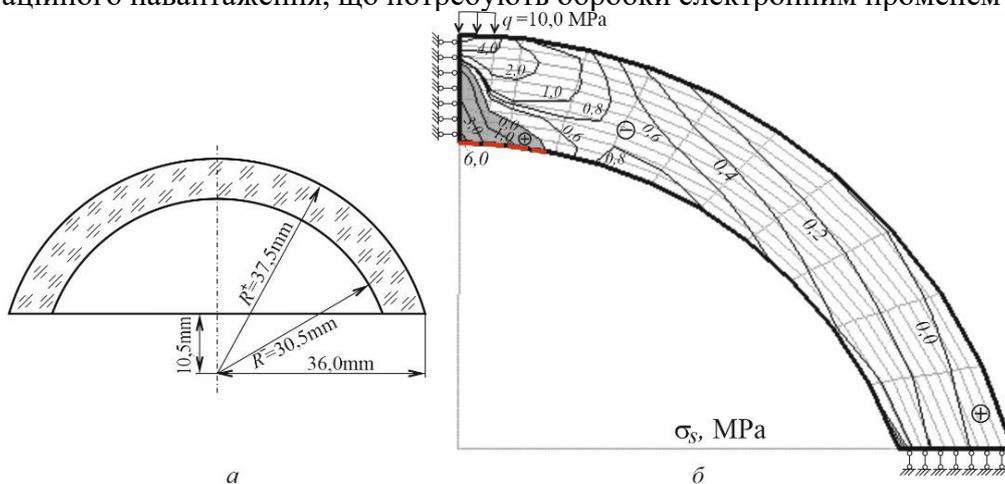


Рис. 1. Захисна оболонка – меніск: а – розрахункова схема меніска; б – області (червоні), що потребують обробки електронним променем

Після обробки визначених областей поверхні меніска електронним променем в них утворюється попередньо напружений арматурний шар (рис. 2, *a*). Для оцінки впливу такого шару на роботу меніска була розв'язана задача міцності меніска під дією напружень стиску в арматурному шарі.

Ефективність зміцнення сферичного меніска обробкою частини його поверхні електронним променем демонструється результатами чисельного експерименту для обробленого меніска під дією зовнішніх навантажень (рис. 2, *б*).

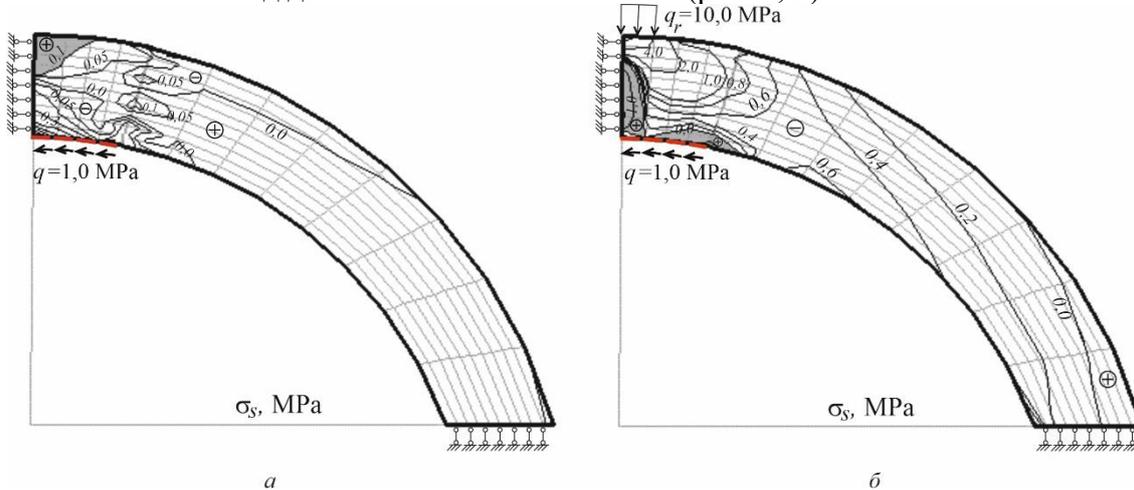


Рис. 2. Розподіл нормальних напружень: *a* – після обробки електронним променем; *б* – після обробки електронним променем під дією навантаження

Висновки. Комп'ютерне моделювання впливу електронно-променевої обробки на міцність сферичного меніска показало, що обробка електронним променем областей додатних нормальних напружень σ_s поліпшує можливість опору меніска зовнішнім навантаженням, призводить до значного зміцнення сферичного меніска.

Список використаних джерел

1. А.с. 1781993 СССР, МКИ С 04 В 35/00. Способ упрочнения изделий из оптической керамики / В.Н. Лисоченко, Н.И. Кривенко, А.М. Смоляр, А.Л. Шумский, Е.И. Бондаренко, К.З. Ягудин. №4848595/33; заявл. 09.07.90; зареєстр. 15.08.92.
2. Смоляр А.М., Мірошкіна І.В. Теорія осесиметричних просторових тіл // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса, 2017. Вип. № 67. С. 60–64.
3. А. с. 71449. Комп'ютерна програма «INTEGRAL-SV» / А.М. Смоляр, І.В. Мірошкіна, С.В. Юрченко. Зареєстр. 14.04.2017; опубл. 28.07.17, Бюл. № 45. 77 с.

MOBILE HEALTH APPLICATION IN DIGITAL GOVERNMENT MANAGEMENT

Sobolieva-Tereshchenko O.¹, Zhukova Y.²

¹Masaryk University, Brno, Czech Republic

²Borys Grinchenko Kyiv University, Kyiv, Ukraine

Abstract. The study aims to devise and implement mobile health applications for digital health management at the governmental level, explicitly proposing a mobile healthcare service application within the Ukrainian government portal Diia (“Дія”). Central to this endeavor is the architectural design of such applications. Leveraging analysis and synthesis methods, the research endeavors to pinpoint the most effective approach to designing a healthcare application, considering factors such as health literacy and incentivizing the healthcare system. The ultimate objective of this system development is to encourage individuals to allocate a portion of their income toward disease prevention and the cultivation of healthier lifestyles. Through this initiative, the study seeks to enhance the population's well-being and quality of life, while fostering motivation among individuals to prioritize disease prevention and healthy living practices.

Keywords: electronic healthcare, public health, health management, online research methods, well-being and quality of life, e-Government, portal “Дія”.

Introduction. Integrating machine learning algorithms across various data sources, including electronic databases, medical records, social media, scientific repositories, and digital device data, holds significant potential for enhancing the efficiency and quality of government-managed healthcare systems. This amalgamation of technologies provides timely and valuable information to healthcare professionals, patients, and government health authorities [1]. The OECD conducted a comprehensive five-year review of Health Data Management Recommendations, focusing on dataset management estimates. Within the healthcare industry, numerous semantic and technical data standards exist. Notably, the OECD study examined the development, utilization, and management of standards such as HL7-FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) and SMART (Substitutable Medical Applications, Reusable Technologies) [2]. Research on digital health literacy within healthcare management is typically categorized into four primary areas: studies on health literacy levels across different countries, translation and testing of the European Union Health Literacy Survey Questionnaire (HLS-EU-Q) into various languages, exploration of health literacy's impact on the socio-economic aspects of public health systems, and its implications for government-managed healthcare [3]. However, there remains a paucity of research concerning the implementation and application of mobile health applications in digital government management.

The purpose of the work. To design and implement mobile health applications within the framework of digital health management at the governmental level, focusing on proposing a mobile healthcare service application for the Ukrainian government portal Diia (“Дія”). Emphasizing architectural design, this research addresses the gap in understanding and application of mobile health technologies in government-managed healthcare systems.

Formulation of the problem. While there has been significant progress in utilizing data-driven technologies in healthcare, research specifically targeting the integration of mobile health applications into digital government management remains sparse. This presents a gap in leveraging modern digital tools to enhance healthcare services and promote healthier lifestyles among populations.

Solving the problem. Following an analysis of Digital Technology Applications in Health Management, a proposed mobile health application system for the Ukrainian government's digital services portal Diia has been introduced. This system comprises four key components: data preprocessing, estimation, rewarding/refunding, and result analysis. Additionally, enhancements in utilizing health lifestyle resources and evaluating healthcare expenses are envisioned.

Residents can easily complete identification by entering their social security numbers and employer identification numbers. They can then independently take a self-assessment test on their health scale and promptly share real-time data regarding expenses for health lifestyle activities through the application to apply for refunds. Utilizing a blend of online and offline methods, this mobile health application system offers analysis, control, and reimbursement of healthcare costs. Residents must demonstrate health literacy proficiency through a test before receiving refunds for health lifestyle expenses. The service flow of this mobile healthcare application system is illustrated in Figure 1.

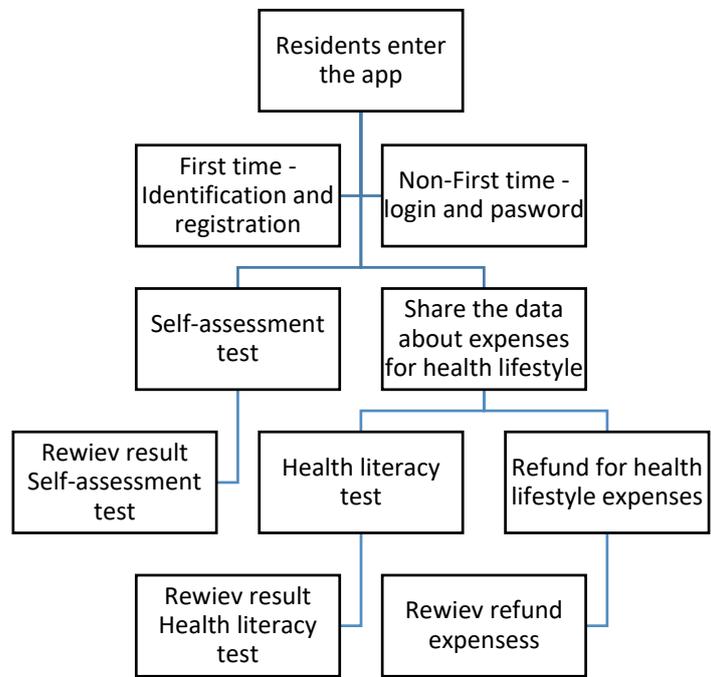


Fig. 1. Service flow of mobile health application in digital government management

Implementing this system is anticipated to bolster active participation among community residents in their health management endeavors, augment their capacity for self-management, and gradually enhance their health literacy levels.

Conclusion. The implementation of mobile health applications in digital government management presents a compelling opportunity to incentivize healthier lifestyles among populations. Beyond enhancing health literacy, this solution can optimize government healthcare costs and facilitate responsive decision-making to meet the evolving needs of healthcare systems. Through active participation and self-management facilitated by the mobile application, communities can gradually improve their overall health outcomes.

References

1. Litvinova O, Yeung AWK, Hammerle FP, Mickael M-E, Matin M, Kletecka-Pulker M, Atanasov AG, Willschke H. Digital Technology Applications in the Management of Adverse Drug Reactions: Bibliometric Analysis. *Pharmaceuticals*. 2024; 17(3):395. <https://doi.org/10.3390/ph17030395>
2. OECD (2023), *Health at a Glance 2023: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en>.
3. Sobolieva-Tereshchenko O, Zhukova Y. Application of eHealth literacy in digital health management. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development* 2023; 3(25): 70-81.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЙ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ЖИВОГО ОРГАНІЗМУ

Кулик А.Я.¹, Нікольський О.І.¹, Мотигін В.В.¹, Ревенок В.І.¹, Кулик Я.А.²

¹Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова,

²Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

Анотація. Біологічний організм розглядається як ієрархічна, велика, складна та адаптивна система. При цьому розглядаються дві складові: фізична та інформаційна. Не розглядалися впливи зовнішніх чинників на організм, а лише взаємодія в організмі складових частин на різних рівнях: молекулярному, клітинному, органами та організму в цілому. З точки зору автоматичного застосування ліків, масажу, інших терапевтичних та хірургічних засобів можна розглядати як одиничний стрибок на амплітудній характеристиці. При цьому мають бути наявні перехідні процеси. Вони можуть бути двох типів: аперіодичні та коливальні. Застосування потужного математичного апарату теорій автоматичного управління та регулювання дозволяє не лише визначити критичні параметри для різних функцій організму, але й оптимізувати характер зовнішнього впливу на систему в цілому з урахуванням реакції організму на різних рівнях. Не дивлячись на необхідність проведення великих досліджень і складність самої процедури, даний підхід здається перспективним.

Ключові слова: регулювання, система, організм, алгоритм.

USING THE THEORIES OF AUTOMATIC CONTROL AND REGULATION TO STUDY THE FUNCTIONS OF A LIVING ORGANISM

Kulyk A.¹, Nirolskyy O.¹, Momygin V.¹, Revenok V.¹, Kulyk Y.²

¹Vinnitsia Pirogov National Medical University, Vinnitsia, Ukraine

²Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

Abstract. The biological organism is considered as a hierarchical, large, complex and adaptive system. At the same time, two components are considered: physical and informational. The effects of external factors on the body were not considered, but only the interaction of the constituent parts in the body at different levels: molecular, cellular, organs and the body as a whole. From the point of view of automatic application of drugs, massage, other therapeutic and surgical means can be considered as a single jump on the amplitude characteristic. At the same time, there must be transitional processes. They can be of two types: aperiodic and oscillatory. The application of a powerful mathematical apparatus of theories of automatic control and regulation allows not only to determine critical parameters for various functions of the body, but also to optimize the nature of the external influence on the system as a whole, taking into account the reaction of the body at various levels. Despite the need for extensive research and the complexity of the procedure itself, this approach seems promising.

Keywords: regulation, system, organism, algorithm.

Академік М.М. Амосов визначив живий організм як ієрархічну систему [1]. Разом з тим необхідно підкреслити, що з точки зору автоматичного це велика, складна та адаптивна система.

Мета роботи: розглянути можливості регулювання функцій організму під впливом зовнішніх впливів.

Велика система характеризується тим, що до неї входить дуже багато функціональних складових із різними ієрархічними рівнями. Складність визначає велику кількість зв'язків не лише по горизонталі, але й по вертикалі (згідно ієрархії), причому часто із зворотними зв'язками. При цьому застосовуються і перехресні зв'язки. Адаптивність означає не лише можливість пристосовуватись до певних впливів, але й певне відновлення до попереднього стану.

В своїй роботі М.М. Амосов виділив дві складові за ієрархією: фізичну та інформаційну. З точки зору техніки вони характеризують рівні ієрархічної системи. Але з точки зору біологічного організму ієрархія за рівнями дещо відрізняється. Перша із

складових характеризується суто біофізичною і біохімічною взаємодією складових частин на рівнях: молекулярному, клітинному, органами та організму в цілому. В простішому варіанті це відбувається без застосування складних біологічних механізмів лише за фізичною складовою. Але у складних ситуаціях організм підключає алгоритми адаптації, при яких застосовуються резерви організму, а часто і змінюються функціональні пріоритети складових частин системи. Це – інформаційна складова.

При цьому Академік М.М. Амосов відзначав, що не розглядає впливу зовнішніх чинників, хоча вони мають великий вплив на стан організму.

З точки зору автоматики застосування ліків, масажу, інших терапевтичних та хірургічних засобів можна розглядати як одиничний стрибок на амплітудній характеристиці. При цьому мають бути наявні перехідні процеси. Вони можуть бути двох типів: аперіодичні та коливальні. При негативному зворотному зв'язку характеристика має вигляд затухання, наближаючись до певного сталого значення. В іншому випадку – вона зростає і обмежується значенням, яке є критичним для складових частин системи.

Застосування потужного математичного апарату теорій автоматичного управління та регулювання дозволяє не лише визначити критичні параметри для різних функцій організму, але й оптимізувати характер зовнішнього впливу на систему в цілому з урахуванням реакції організму на різних рівнях.

Така точка зору розглядається не лише в нашій країні, але й за кордоном, хоча дані питання розглядаються лише в технічній галузі.

Розроблено декілька алгоритмів регулювання: П (пропорційний), ПД (пропорційно-диференціальний), ПІ (пропорційно-інтегральний) та ПІД (пропорційно-інтегрально-диференціальний). Для кожного з них є переваги і недоліки при використанні [3]. Але більш універсальним можна вважати ПІД-регулятор, оскільки він містить в собі всі складові.

Вихідний сигнал регулятора визначається трьома складовими:

$$Y(t) = P(t) + I(t) + D(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt},$$

де K_p , K_i , K_d – коефіцієнти підсилення пропорційної, інтегральної та диференціальної складових відповідно.

При цьому можливі їх різні реалізації: суто апаратна чи з використанням мікропроцесорів. Широке розповсюдження процесорної техніки і відносна простота налаштування показують перспективність саме цієї реалізації. При цьому можливі три варіанти [2]: програмний, режим переривань та прямого доступу до пам'яті. Враховуючи інерційність реакції організму на зовнішні впливи, можна використовувати два перших варіанти.

Висновки. Не дивлячись на необхідність проведення великих досліджень і складність самої процедури, даний підхід здається перспективним. Він вимагає перегляду деяких медичних аспектів, але дозволяє ґрунтуватися не лише на експериментальних, але й на теоретичних дослідженнях.

Список використаних джерел

1. Амосов Н.М. Регуляция жизненных функций и кибернетика. – Львов: Наукова думка, 1964. 114 с.
2. Кулик А.Я., Мотигін В.В., Кулик Я.А., Книш Б.П. Телемедицина. Комп'ютерні системи та інформаційні технології / Монографія. – Вінниця: ВНМУ, 2020. – 293 с.

ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕДУРИ НАВЧАННЯ АНСАМБЛЕВОГО МЕТОДУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

Музика Р.Т., Кулінченко А.-М. Р.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Анотація. У роботі розглядається модифікація каскадної схеми аналізу великих обсягів біомедичних даних методами машинного навчання. Її присвячено проблемі зменшення тривалості процедур навчання подібних методів. Запропонований підхід полягає у інтеграції аналізу головних компонент на кожному рівні каскаду. Він дозволяє суттєвим чином зменшити вимірність простору вхідних даних задачі за рахунок заміни вхідних даних тією кількістю головних компонент, що забезпечує збереження 95% дисперсії. Це призвело до скорочення часу навчання методу, збереженні, а то й підвищенні точності його роботи та покращенні узагальнюючих властивостей методу. Останні дві переваги пояснюються зменшенням кількості несуттєвих, а іноді і шумових атрибутів у наборі даних. Це дозволяє більш ефективно аналізувати великі обсяги даних у різних прикладних областях.

Ключові слова: машинне навчання, каскадна схема, час навчання, аналіз великих даних, РСА.

AN APPROACH TO THE REDUCTION OF THE TRAINING TIME OF ENSEMBLE METHODS FOR DATA ANALYSIS

Muzyka R., Kulinchenko A.-M.

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Abstract. The paper considers the modification of the cascade scheme for the analysis of large amounts of biomedical data using machine learning methods. It addresses the problem of reducing the duration of training procedures for such methods. The proposed approach is to integrate principal component analysis at each level of the cascade. This approach allows to significantly reduce the dimensionality of the input data space of the problem by replacing the input data by the number of principal components that ensure the preservation of 95% of the variance. This led to a reduction in the training time of the method, maintaining and even increasing its accuracy, and improving the generalisation properties of the method. The latter two advantages are explained by a reduction in the number of unimportant and sometimes noisy attributes in the data set. This allows for more efficient analysis of large amounts of data in various application areas.

Keywords: machine learning, cascade scheme, learning time, big data analysis, PCA.

Виклад основного матеріалу. Алгоритми машинного навчання стали корисними інструментами для виявлення закономірностей, прогнозування майбутніх тенденцій та прийняття обґрунтованих рішень на основі всебічного аналізу даних. Однак варто зазначити, що аналіз великих даних становить проблему через значні часові та обчислювальні ресурси, необхідні для навчання моделей машинного навчання. Особливо це стосується каскадних схем, де послідовно навчаються декілька моделей. Каскадні схеми передбачають застосування декількох моделей машинного навчання, причому кожна модель спирається на результати своїх попередників для вирішення різних аспектів проблеми, що розглядається [1]. Автори в [2] розробили нову каскадну схему, засновану на лінійних методах машинного навчання. Ця схема демонструє значне покращення точності аналізу біомедичних наборів даних за рахунок використання нелінійного розширення вхідних даних. Хоча поліноми мають високі апроксимаційні властивості, важливо зазначити, що їх застосування в алгоритмі машинного навчання на кожному рівні каскаду призводить до значного збільшення тривалості процедури навчання через збільшення кількості вхідних атрибутів.

Мета роботи – скорочення тривалості навчання при збереженні або підвищенні точності каскадної схеми на основі ML для аналізу великих біомедичних наборів даних. Для підвищення ефективності та масштабованості аналізу даних і покращення узагальнюючих властивостей методу пропонується зменшити розмірність простору вхідних даних на кожному рівні каскадної схеми за допомогою методу аналізу головних компонент (РСА). Це досягається шляхом перетворення змінних у новий набір, відомий як головні компоненти.

Таким чином запропонована модифікація дозволяє більш ефективно аналізувати великі обсяги даних у інтелектуальних дослідженнях.

Моделювання роботи модифікації відбувалося з використанням реального, незбалансованого, великого набору даних [3]. Для забезпечення надійних результатів набір даних було збалансовано за допомогою комбінації *under-* та *oversampling* методів. Оптимальна схема балансування передбачала представлення кожного з двох класів 75 тисячами екземплярів. Як базова [4], так і модифікована у цій роботі версії каскадних схем на основі машинного навчання використовують слабкі класифікатори на основі *Stochastic Gradient Descent (SGD)* на кожному рівні каскаду. Використання цього методу обумовлено високою швидкістю алгоритму, що є перевагою при аналізі великих обсягів даних. Моделювання включало оптимальний підбір глибини схеми каскадів від 2 до 6 рівнів де оцінювалася точність методу на основі таких показників Влучність, Повнота та *F1-score*. Встановлено, що найефективніші результати отримано для каскаду з 4 рівнів. Щодо методу *PCA*, то кількість головних компонент автоматично вибиралася так, щоб вони зберігали 95% дисперсії вхідних даних на кожному рівні каскаду. Ефективність модифікованої каскадної схеми на основі *ML* порівнювали з кількома іншими методами, включаючи класичний *SGD* [5] з використанням збалансованого набору даних, класичний *SGD* з використанням полінома Колмогорова-Габора [6] та базову каскадну схему [4]. Слід зазначити, що параметри роботи *SGD* для всіх згаданих методів були оптимізовані за допомогою алгоритму сіткового пошуку.

На рисунку 1 наведено результати порівняння всіх досліджуваних методів на основі *SGD* з використанням *F1-score* (б) та часу навчання в секундах (а).

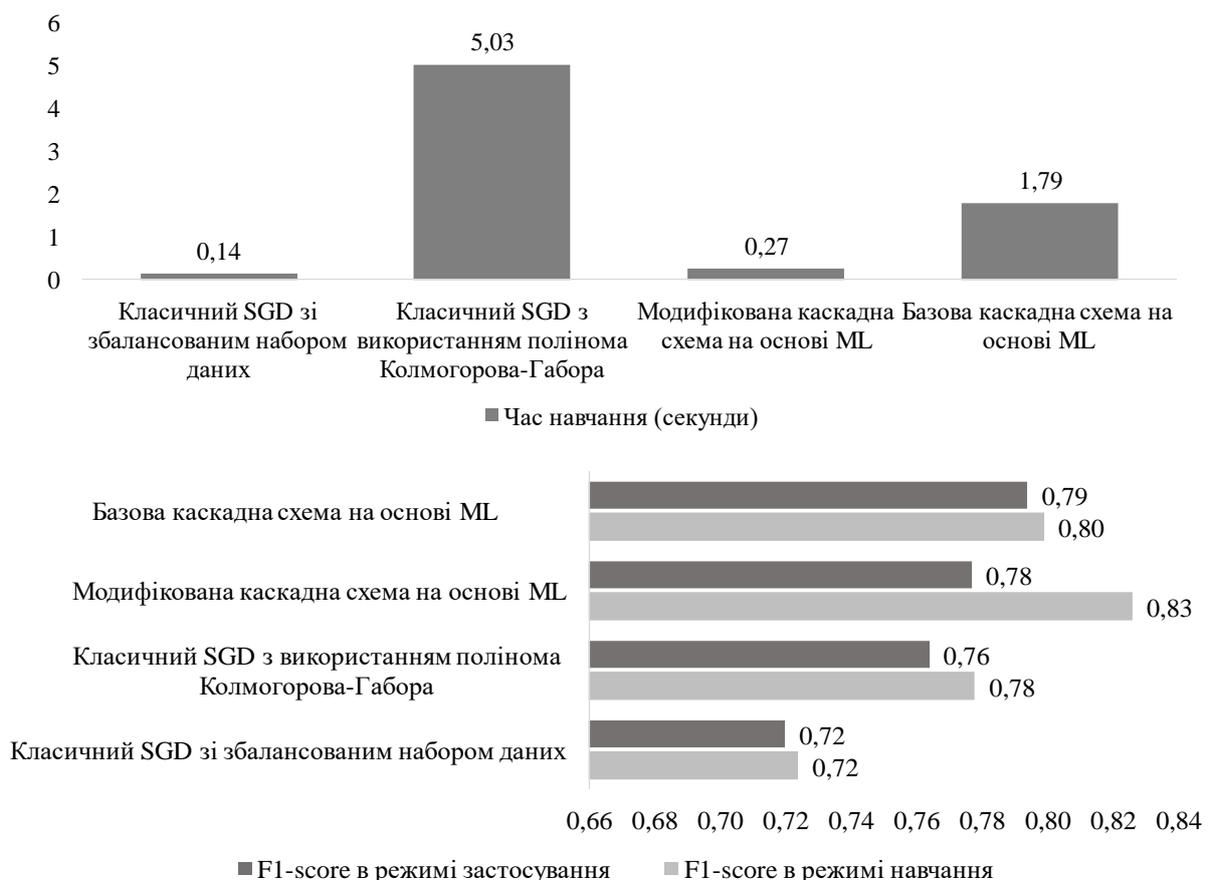


Рис. 1 Порівняння результатів для всіх досліджуваних методів на основі (а) часу навчання та (б) *F1-score*

Як видно з рис. 1, запропонована модифікація демонструє найвищі генералізаційні властивості серед усіх розглянутих методів, незначне підвищення точності в порівнянні з базовою каскадною схемою та суттєве скорочення тривалості процедури навчання, в порівнянні з базовим методом. Усі ці переваги свідчать про можливість використання запропонованого підходу на практиці.

Висновки. Результати моделювання роботи чотирирівневої каскадної схеми на основі ML з використанням PCA показують значне скорочення часу навчання (більш ніж у 6,6 разів) і навіть незначне підвищення точності (1%). Ця модифікація успішно вирішує обчислювальні проблеми, пов'язані з аналізом великих даних, що підкреслює її практичні переваги. Підвищення точності можна пояснити кращими узагальнюючими властивостями модифікованої схеми. Подальші дослідження будуть проведені для вивчення методів підвищення ефективності каскадної схеми. Одним з них є використання варіацій нейронної мережі PCA з неітеративним машинним навчанням [7].

Список використаних джерел

1. J. Ji and J. Li, 'Tri-objective optimization-based cascade ensemble pruning for deep forest', *Pattern Recognition*, vol. 143, p. 109744, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.patcog.2023.109744.
2. I. Izonin, R. Tkachenko, O. Gurbych, M. Kovac, L. Rutkowski, and R. Holoven, 'A non-linear SVR-based cascade model for improving prediction accuracy of biomedical data analysis', *MBE*, vol. 20, no. 7, pp. 13398–13414, 2023, doi: 10.3934/mbe.2023597.
3. 'CDC – 2021 BRFSS Survey Data and Documentation'. Accessed: Mar. 04, 2024. [Online]. Available: https://www.cdc.gov/brfss/annual_data/annual_2021.html.
4. I. Izonin, R. Tkachenko, R. Holoven, K. Yemets, M. Havryliuk, and S. K. Shandilya, 'SGD-Based Cascade Scheme for Higher Degrees Wiener Polynomial Approximation of Large Biomedical Datasets', *MAKE*, vol. 4, no. 4, pp. 1088–1106, Nov. 2022, doi: 10.3390/make4040055.
5. Azimjonov, Jahongir; Kim, Taehong. 'Stochastic gradient descent classifier-based lightweight intrusion detection systems using the efficient feature subsets of datasets'. *Expert Systems with Applications*, 2024, 237: 121493.
6. Izonin, I., Greguš ml., M., Tkachenko, R., Logoyda, M., Mishchuk, O., Kynash, Y. "SGD-Based Wiener Polynomial Approximation for Missing Data Recovery in Air Pollution Monitoring Dataset". *Lecture Notes in Computer Science()*, vol 11506, 2019, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20521-8_64.
7. R. Tkachenko, 'An Integral Software Solution of the SGTМ Neural-Like Structures Implementation for Solving Different Data Mining Tasks', in *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*, vol. 77, S. Babichev and V. Lytvynenko, Eds., in *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 77. , Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 696–713. doi: 10.1007/978-3-030-82014-5_48.

КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МАРКЕТИНГОВИМИ ПРОЄКТАМИ В ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Руденко О.М., Андрієнко В.О.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. В роботі проведений аналіз маркетингових проєктів фармацевтичної промисловості. Показана необхідність створення інтелектуальної системи підтримки прийняття проєктних рішень через аналіз ринку та вимог стейкхолдерів. Для врахування інтересів усіх учасників запропоновано виконувати експертне оцінювання через отримання оцінки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення. Для цього запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій, а для узагальненого ранжування альтернатив метод медіани. Показана необхідність використання моделей та методів інтелектуального аналізу даних на основі систем штучного інтелекту для побудови інтелектуальної системи управління маркетинговими проєктами.

Ключові слова: маркетинговий проєкт, групове експертне оцінювання, метод аналізу ієрархій, метод медіани, інтелектуальний аналіз даних, системи штучного інтелекту.

THE CONCEPT OF THE DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR MARKETING PROJECTS MANAGEMENT IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

Rudenko O., Andriienko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. In the course of conducting an analysis of marketing projects in the pharmaceutical industry. The need for an intelligent system to support the adoption of project decisions through market analysis and to the benefit of stakeholders is shown. To protect the interests of all participants, it is proposed to emphasize expert assessment through the evaluation of the problem based on the thoughts of the experts (experts) with the method of further making a decision. For this purpose, the method of analysis of hierarchies is used, and for a more detailed ranking of alternatives, the method of the median is used. The need for a variety of models and methods of intelligent data analysis based on artificial intelligence systems to create an intelligent system for managing marketing projects is shown.

Keywords: marketing project, group expert assessment, hierarchy analysis method, median method, intelligent data analysis, artificial intelligence systems.

Вступ. У дослідженні розглядаються маркетингові проекти фармацевтичної промисловості. Вони включають у себе проекти аналізу ринку ліків та проекти просування нових ліків на ринок [1]. Запорукою успішного завершення таких проєктів буде створення інтелектуальної системи управління маркетинговими проєктами.

Мета роботи. Розробити концепцію створення інтелектуальної системи управління маркетинговими проєктами фармацевтичної промисловості.

Постановка проблеми. Сутність та специфіка маркетингових проєктів формують їхні обмеження та особливості управління. Фармацевтична галузь додає до них особливої специфіки та властивостей. Оскільки маркетинг – це складна та багатокомпонентна система, яка визначає мету маркетингового проєкту, слід розробити інструменти для збору та аналізу вимог замовника для прийняття проєктних рішень.

Основна частина. В [1] показано, що фармацевтична галузь вносить додаткові властивості, припущення та обмеження до маркетингових проєктів, де кінцевими споживачами є пацієнти, а продуктом проєкту фармацевтичного виробництва є ліки. Досягнення місії маркетингового проєкту можливо лише при врахування усіх інтересів його учасників. Існує три великі групи учасників таких проєктів. Це виробник лікарських засобів; аптеки та медичні заклади, як посередники у просуванні; кінцеві споживачі ліків – пацієнти. Саме вони визначають вимоги до майбутнього продукту через власні очікування. Таке широке коло учасників, може призвести до конфлікту інтересів та власне і до конфлікту вимог. Це ініціює завдання розробки технології управління маркетинговими проєктами через збір та формування вимог до проєктів створення нових лікарських форм та виведення їх на ринок. Таке завдання не тривіальне і, на думку авторів, потребує використання спеціальних інструментів. Це моделі та методи інтелектуального аналізу даних, які будуть реалізовані за допомогою систем штучного інтелекту [2]. Однак на етапі ініціації необхідно сформулювати концептуальну модель управління, яка в межах високорівневого планування формалізує основні компоненти системи та зв'язки між ними.

Представимо концепцію розробки інтелектуальної системи управління маркетинговими проєктами в фармацевтичній промисловості:

1. На першому етапі слід визначити перелік стейкхолдерів, очікування яких буде прийнято для аналізу даних. Процедура відбору пропонується виконувати як експертне оцінювання через отримання оцінки проблеми на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення. В даному випадку буде застосована інтелектуальна колективна праця групи виконавців над спільним завданням (проєктом). Для автоматизації цього процесу використовують існуючі або розробляються власні інформаційні системи для операційного управління системою підтримки прийняття рішень [3]. Вони застосовуються в маркетингу для прогнозування та аналізу ринку, збуту, дослідження, цін та інших завдань.

У якості методу прогнозування та аналізу ринку може бути застосований метод аналізу ієрархій [4].

2. Після визначення значущої групи стейкхолдерів проводиться їх опитування та аналіз його результатів, для чого можуть бути застосовані методи та підходи, що описані вище, або їх комбінації.

3. Паралельно з опитуванням стейкхолдерів буде проведено аналіз ринку лікарських засобів із застосуванням моделей та методів інтелектуального аналізу даних, які будуть практично реалізовані на одній з систем штучного інтелекту, наприклад системі машинного навчання.

4. Отримані на попередніх кроках дані будуть застосовані для прийняття рішення про ініціацію проєкту створення нового лікарського засобу.

5. Для обробки великих обсягів даних буде створена інтелектуальна система, яка вбере до себе усі зазначені вище складові та буде автоматизувати процеси управління у маркетинговому проєкті, а у якості вихідних даних формувати вимоги для проєктів створення нових ліків.

Висновки. Аналіз маркетингових проєктів у фармацевтичній галузі показав необхідність створення інтелектуальної системи підтримки прийняття проєктних рішень через аналіз ринку та вимог стейкхолдерів. Показана необхідність використання моделей та методів інтелектуального аналізу даних на основі систем штучного інтелекту для побудови інтелектуальної системи управління маркетинговими проєктами. Представлено концепцію управління маркетинговими проєктами в фармацевтичній промисловості.

Список використаних джерел

1. Руденко О. М., Тесленко П. О. (2023) Маркетингові проєкти фармацевтичної промисловості. Аналіз та особливості. *Управління розвитком складних систем*, 54, 40 – 47.
2. Ткаленко, О. М., Макаренко, А. О., & Полоневич, О. В. (2019). Інтелектуальні технології та системи штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*, (2), 53-59.
3. Top 11+ Marketing Analytics Software and Tools In 2023. URL : <https://businessyield.com/marketing/marketing-analytics-software/?currency=NGN>
4. O. Velychko, O. Hrabovskyi, T.Gordiyenko (2019) Quality assessment of measurement instrument software with analytic hierarchy process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. (100), 35-42. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.175811

USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TEACHING THE DISCIPLINE “MODELING TECHNOLOGICAL PROCESSES OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES”

Dykha O., Rudyk O., Golenko K.

Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

Abstract. For the educational discipline "Modeling of technological processes of road transport enterprises" in the SolidWorks Simulation and Ansys Workbench environments, the basic principles and provisions of automated design in the field of computer modeling of units, assemblies and parts of vehicles, as well as devices for their repair (lifts, jacks, stands, pullers etc.). The main attention is paid to the theory and practical use of finite element methods and the acquisition of skills in the design and calculations of road transport details. Mandatory elements of research in SolidWorks and practical skills of modeling various load modes of road and special vehicles in Ansys Workbench are defined. In order to extend the service life of structural elements and parts of road transport, methods of their restoration and increase in wear resistance are defined.

Keywords: cars, modeling, SolidWorks Simulation, Ansys Workbench.

Introduction. The educational discipline "Modeling of technological processes of road transport enterprises" is a mandatory component of the professional training of higher education applicants for special. 274 "Motor transport" (bachelor). A student who has successfully completed the study of the discipline must: skillfully use the conceptual apparatus of the specialty; to understand the structure and dynamics of technological processes of motor transport enterprises; be able to use numerical methods for solving static and dynamic problems of solid body mechanics; work with SolidWorks package of application programs for flat and solid modeling; to have engineering calculations of solid models for strength in mechanical engineering (SolidWorks Simulation and Ansys Workbench).

The main attention is paid to the theory and practical use of finite element methods (FEM) and the acquisition of skills in the design and calculation of parts and components of road transport, as well as devices for their repair.

The purpose of the work. The purpose of the discipline: to give an idea of the basics of numerical methods for solving static and dynamic problems of solid mechanics, as well as algorithms and features of the numerical implementation of these methods; teach to apply approximate methods to solve specific problems that arise in scientific and technical practice; master the skills of using automated design systems in the field of technological processes of motor vehicle enterprises.

Formulation of the problem. For the educational discipline "Modeling of technological processes of road transport enterprises" it is necessary to form the basic principles and provisions of automated design in the field of computer modeling of parts, units and aggregates of vehicles, as well as simulation of various modes of their field tests and operating conditions in SolidWorks Simulation and Ansys environments Workbench.

Solving the problem. Mandatory elements of research in SolidWorks are [1, 2]: static analysis of the model and the process of creating the MSE grid; the possibility of replacing the material of the part; analysis of the stress state of the model to save its material; stress sensing at critical points (fig.1); fatigue strength in a dangerous section; possible loss of stability; the maximum load (assuming a linear static analysis) that the modeled part can withstand (without its destruction) with a given safety factor; the influence of fasteners on the performance of parts, the quality of the grid on the accuracy of calculations, changes in the direction of load on the stability

of parts, variations in the size of individual elements of the part on the coefficient of safety margin, of blow on the stability of wheeled machine parts; ensuring the passability of automobile equipment.

The purpose of the independent works of the discipline is to acquire practical skills regarding the features of modeling various load modes of road and special vehicles, as well as their components, followed by analysis of the stress-strain state, thermal loads, aerodynamics, heat transfer, convection, friction etc.

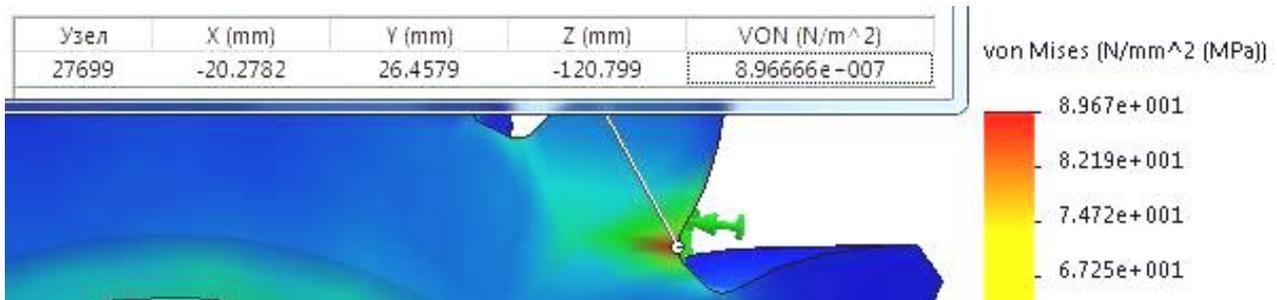


Fig. 1. Probing of stresses in a dangerous section near their maximum values

Students as a result of independent work in the Ansys Workbench environment [3]: investigate the peculiarities of the formation of boundary conditions for the simulation of field tests; gain experience working with hybrid models represented by rod and shell elements, experiment with Ansys Workbench functionality when importing and processing them; acquire practical skills in the formation of a mesh of finite elements, investigating the peculiarities of the breakdown of the model; analyze the obtained results of stresses, deformations, displacements, forces and moments, deformation energy, etc., establish regularities and dependencies of indicators (fig. 2).

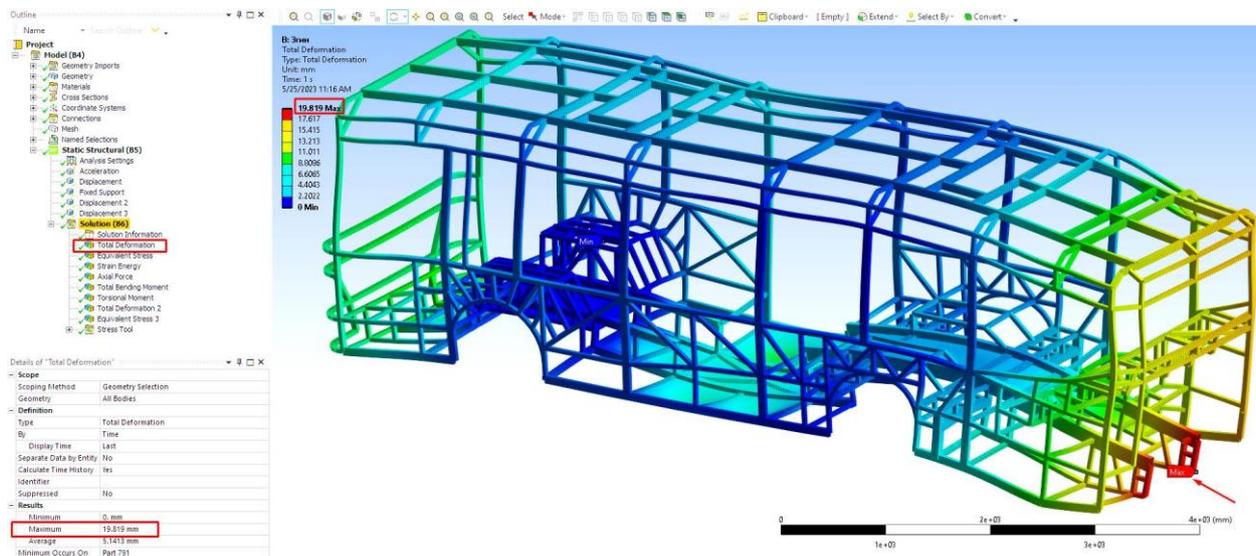


Fig. 2. Map of deformations of the model

Conclusion. Therefore, the implementation of information technologies in the study of the discipline in question: professionally orients the listeners; provides thorough training in the specialty, which is connected with continuity in teaching; activates scientific and research activities, increasing graduates' employment guarantees.

The educational and professional program "Automotive transport" also includes the opportunity to receive in-depth professional training in the analysis of the causes of the failure of structural elements and parts of automobile transport and the development of advanced technologies for their maintenance, repair, restoration and increase in wear resistance in order to extend the service life.

References

1. Dykha O. V. Modeling of technological processes of automobile transport enterprises: methodical instructions for laboratory work for students of "Automotive transport" training / O. V. Dykha, O. Yu. Rudyk. – Khmelnytskyi : KhNU, 2018. – 102 p.
2. Serhiy Psyol. Application of computer modeling for road transport calculations / Serhiy Psyol, Oleksandr Dykha, Oleksandr Rudyk, Kostyantyn Golenko // Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Service of Ukraine. Series: pedagogical sciences / head. ed. O. V. Didenko. – Khmelnytskyi : NADPSU Publishing House, 2023. No. 1(32). – P. 148-170.
3. Golenko K. E. Modeling of technological processes of road transport enterprises: methodological recommendations for the individual task "Simulation of the stress-strain state of frame elements" for students of the first (bachelor's) level of higher education, specialty 274 "Automobile transport" / K. E. Golenko, O. Yu. Rudyk. – Khmelnytskyi : KhNU, 2023. – 82 p.

THE CAPABILITIES OF AI FOR CHEMICAL EDUCATION

Kharchenko Yu.¹, Babenko O.¹, Zudina L.²

¹Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Sumy, Ukraine

²RWTH Aachen University, Aachen, Germany

Abstract. The aim of investigation is to study the potential and limitations of using large language models (LLMs) for teaching Chemistry. The objective of the study is to conduct comparative analysis of ChatGPT and Gemini performance across chemistry disciplines; and identify key challenges in their application. The objective and purpose are to use LLMs like ChatGPT and Gemini for solving chemistry tasks related to Structure of Matter, Organic Chemistry, Environmental Chemistry, and Laboratory Chemical Practice, and other available generative AI-based tools aimed at assessing their viability for enhancing chemical education in Ukrainian higher education. We used the test questions spanning reproductive and productive levels requiring analysis and logical reasoning. And we have conducted a comparative evaluation against average Ukrainian student performance. As a result, LLMs showed potential in certain areas of Chemistry, mainly in matters that did not require logical reasoning, but were generally inferior to students. Key challenges included grasping nuances, abstract concepts, recognizing formulas/equations, limitations of logical reasoning, and language barriers. Although LLMs are promising, implementation requires addressing the identified limitations.

Keywords: high school, artificial intelligence, LLM, chemistry education, ChatGPT, Gemini.

Introduction. Artificial intelligence is increasingly being integrated into the educational process to enhance student learning and improve teaching practices. AI-powered learning tools can offer personalized learning experiences, automate routine tasks, and offer real-time feedback and assessment. As numerous studies by scientists around the world show, AI has the potential to be a useful tool in teaching and learning chemistry, in particular for creating interactive simulations, answering questions and feedback on student work [1]. It can be used to create personalized learning experiences for students [2] and much more. However, it is important to carefully examine the role and use of AI in the context of chemistry education, taking into account the peculiarities of Chemistry as a scientific discipline.

The purpose of the work. The aim of our research was to study the use of powerful LLMs (large language models) such as ChatGPT and Gemini (Google Bard), as well as some other generative artificial intelligence tools, in the study and teaching of Chemistry. The findings obtained are intended to contribute to the expansion of knowledge regarding the integration of AI into education and to provide practical information for educators and administrators who are looking for ways to harness the potential of AI technologies to improve chemistry education in Ukrainian educational institutions.

Formulation of the problem. Considering the increasing involvement of AI in the educational process, it is necessary to highlight the boundaries of its capabilities, identify the key

problems and challenges in its application to the chemistry educational process in Ukrainian higher education institutions.

Solving the problem. Key issues in using AI for chemical education can be identified as follows. Firstly, this is a feature of chemical science, which has many nuances [3] that are difficult to capture in AI algorithms. Secondly, many chemical concepts are abstract, difficult to understand, and often possessing multiple meanings, which can lead to misinterpretation by AI. Thirdly, chemical formulas, structures, and equations have clear structures that AI may not always recognize correctly. Thus, addressing chemical questions and problems correctly requires considering the context of the question, familiarity with chemical terminology and concepts, and application of logical reasoning and analysis. In addition, it is important to remember that generative AI tools perform much better with English compared to other languages [4].

We conducted a comparative analysis of the capabilities of ChatGPT and Gemini in solving some tasks across different chemical disciplines studied by chemistry students of SSPU named after A.S. Makarenko and the average results revealed by Ukrainian students.

We presented AI with a series of test questions of varying difficulty levels corresponding to the reproductive level, which only required providing accurate descriptions of specific concepts or phenomena. Additionally, the test included a number of questions of a productive level, which necessitated the ability to analyze information and think logically to provide answers.

As can be seen from the results presented in Table 1, Gemini showed a better average result in testing in Structure of Matter compared to ChatGPT and students. However, it should be noted that Gemini offers three answer options, which can increase the likelihood of a correct answer by choosing the most appropriate option. However, in some cases, especially in Organic Chemistry questions, Gemini showed lower accuracy compared to ChatGPT. This may be due to an imperfect understanding of the Ukrainian language and limited access to information sources. In the Environmental Chemistry test, both artificial intelligence systems showed the same number of correct answers, although they made mistakes in different questions. In testing in Laboratory Chemical Practice, both AIs showed a better average result compared to students, but at the same time they turned out to be less effective in performing tasks that required a comprehensive assessment of theoretical knowledge and practical skills.

Table 1

Number of correct answers (%) to test tasks in chemical disciplines

	Structure of Matter	Organic Chemistry	Environmental Chemistry	Laboratory Chemical Practice	AI hallucinations
Students	67,86%	55,56	76,8	69,7	
ChatGPT	62,5%	50	86,7	33,3	–
Gemini	67,86%	25	86,7	50,0	+

Additionally, we explored a number of available generative AI-based tools to determine their capabilities for teaching Chemistry, such as: Diffit, Perplexity, Copilot, Magic school. These tools can significantly assist educators in lesson preparation and conducting them: in searching and analyzing the necessary information, processing video materials, creating interactive chemistry tasks to facilitate visualization of chemical concepts and notions, tests, varying their complexity for different proficiency levels, and much more. However, as experience has shown, these tools also turned out to be inaccurate or incomplete in their analyzes of materials related to Chemistry, which required the teacher to carefully check the materials generated with AI assistance.

Conclusion. The study showed that LLMs based on artificial intelligence, such as ChatGPT and Gemini, undoubtedly have some potential for application in chemical education. They can answer questions related to different branches of Chemistry, and in some cases even outperform student responses. However, despite significant progress in AI technology development, these systems still face a number of challenges and limitations in the context of chemistry education. The complexity and versatility of chemical science, the presence of abstract concepts, specific formulas and equations, create difficulties for the accurate processing and interpretation of information by

AI algorithms. Moreover, imperfect proficiency in the Ukrainian language and limited access to relevant sources of information may lead to errors or incorrect answers. Therefore, although AI systems are undoubtedly a promising tool for improving the quality of education, their implementation into the educational process in Ukrainian higher education institutions requires careful analysis and addressing of identified shortcomings.

References

1. Sabzalieva, E, Valentini, A.: ChatGPT and artificial intelligence in higher education: quick start guide. UNESCO and UNESCO Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean, Paris (2023).
2. Clark, T.: Investigating the Use of an Artificial Intelligence Chatbot with General Chemistry Exam Questions. *Journal of Chemical Education*. 100(5), 1905–1916 (2023).
3. Kishimoto, A., Buesser, B., Botea, A. AI Meets Chemistry. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 32(1), pp. 7978-7982. AAAI Press, Palo Alto, California USA (2018).
4. Forbes Homepage, <https://forbes.ua/innovations/spilkuytesya-z-chat-botami-angliyskoyu-shchob-ne-otrimuvati-u-vidpovid-nisenitnits-chi-bude-chatgpt-krashche-pratsyuvati-z-ukrainskoyu-poyasnyue-shi-ekspert-bogdan-pitaychuk-01112023-17015>

DESIGN OF DISTANCE LEARNING FORMS AS A NEW FOCUS IN THE TRAINING OF HIGHER PEDAGOGICAL EDUCATION SEEKERS

Kovalenko D., Briukhanova N., Bozhko N., Korolova N., Lytvyn O., Koeberlein-Kerler J.
Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine

Abstract. It has been found that in the situation of constant updating of the content of education and the need for rational use of time for the preparation of the educational process, the technology and digitization of education become a universal model of actions and a means of optimizing pedagogical design. It has been determined that there is an urgent need to train pedagogical personnel for the development and use of distance learning forms, provided that the peculiarities and criteria of educational design are taken into account. The basic principles of developing educational content for the distance learning system of future teachers, in particular, teachers of vocational and technical education institutions, have been revealed. It is proposed to train future teachers for the design of distance learning courses (content, forms, technologies) taking into account the peculiarities of the economic sectors (equipment, production processes) and the requirements for the relevant employees (types of labour processes).

Keywords: Educational design, distance learning, distance courses, pedagogical design, pedagogical education, pedagogical personnel for the system of vocational and technical education.

Introduction. The modern stage of the development of society and the education system as an integral part thereof are characterized by the growing importance and role of mediated interactive communications of education subjects based on web-oriented systems, while there are practically no scientifically based and tested pedagogical technologies and methods of training future teachers, which are based on the use of distance and online learning systems that take into account the requirements of didactic (educational) design (infographics, ergonomics, optimal information saturation of the learning content and its audio-visual presentation, etc.), their educational and methodological support and criteria for the effectiveness of implementation in educational process. The effectiveness of the process of training pedagogical personnel, especially for vocational and technical education, on a distance course is determined, on the one hand, by the forethought course structure, the quality of the educational materials used in the course, the availability of evaluation materials that allow identifying deficiencies in the training of education seekers, on the other hand, - taking into account by the educational tasks of the peculiarities of production processes in a specific field, experience, capabilities and prospects for the development of pedagogical technologies for the pedagogical personnel training in specific specializations (transport, mechanical engineering, digital technologies, energy, electrical engineering and electromechanics, etc.).

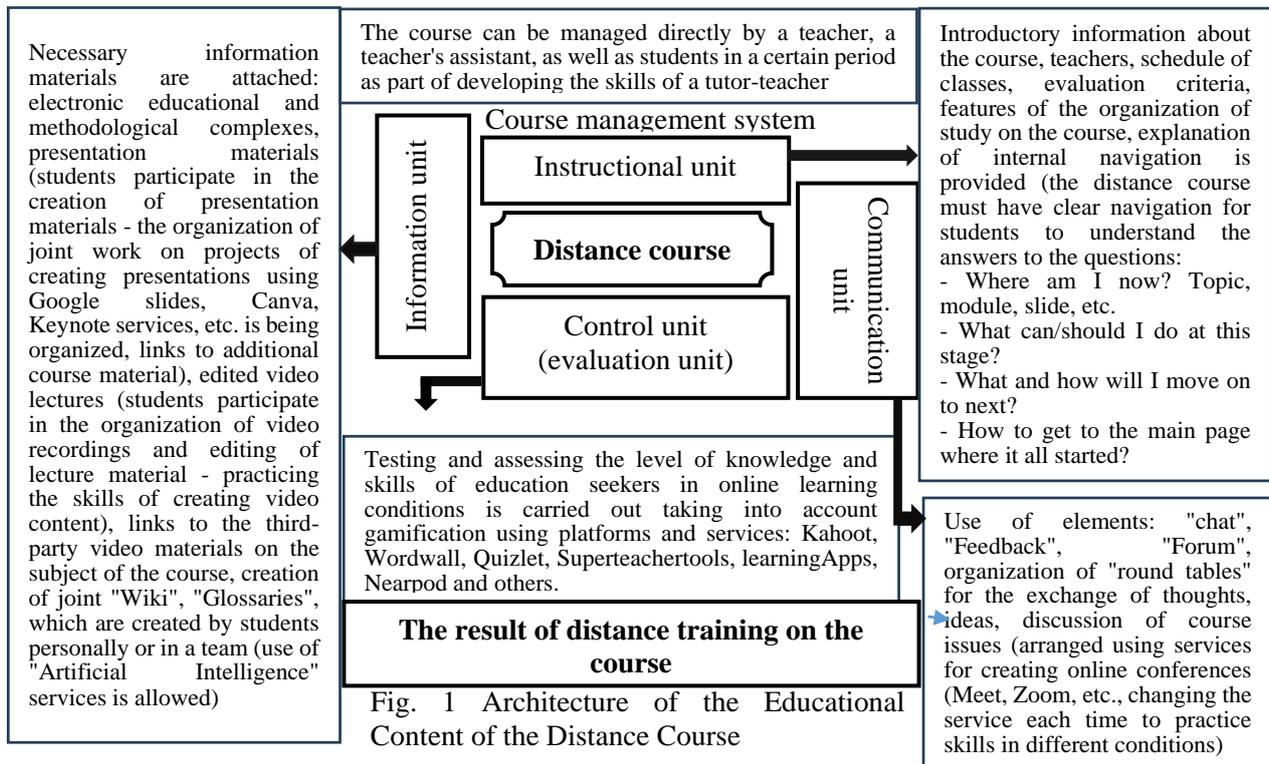
The purpose of the study. To determine, analyse and substantiate the ways of taking into account the features of the development and use of the design of distance learning forms in the pedagogical personnel training, in particular, for the system of vocational and technical education.

Problem statement. Leading foreign and domestic researchers in the field of information and digital technologies conclude that a fifth of all teachers who teach online have never been trained in the use of digital technologies in education. Studies show that despite the high potential of digital technologies, numerous specialized publications and wide public interest, the implementation of web technologies in the educational process was unsystematic and lacked an institutional basis, in addition, more than a third of teachers in various countries experienced certain difficulties when switching to full distance learning. The main obstacles turned out to be the redesign of the courses of psychological-pedagogical, vocational and occupational as well as practical-production cycles in accordance with the basic requirements in the field of educational design, online mentoring, providing feedback and time management. The global transition to distance learning has shown the inevitability of the introduction of certain educational technologies and, at the same time, revealed the fact that without effective improvement in the use of existing digital technologies, institutional and individual confidence in their value is low.

Statement of basic material. Digitization has affected all aspects of the modern education system: from organizational and managerial (implementation of automated information systems, programs for development and exchange of documents and databases) to substantive and procedural (wide use of distance technologies, virtual classes, use of digital content in offline education). However, the new educational space, formed by these technologies, puts forward additional requirements for professional education, labor functions of the teacher. In contrast to pedagogical design [8], educational design is an artistic construction of objects of knowledge, which is based on the laws of aesthetics. Its main goal is to create and support an environment for education seekers, in which psychologically comfortable and pedagogically sound development of subjects of education is ensured on the basis of the most rational representation, interconnection and combination of various types of educational resources. The technologies used in distance learning form a new type of student who not only learns the necessary amount of knowledge, but is also active in obtaining and acquiring knowledge. In distance learning, interactive self-learning with the help of special educational products, workbooks, methodical recommendations, computer manuals make it possible to get involved in the learning environment, to study independently most of the time, to improve your knowledge with the help of computer programs. The basic principles of the development of educational content for the distance learning system are the correspondence of the content and complexity of the content to the educational goals, structured amount, visualization of information and ease of course management; clear, achievable, measurable goals; taking into account the characteristics of the target audience (what amount of material they need to learn, in what form and how they will be able to work with it in terms of training personnel for each of the industry sectors); adaptation of educational material during the creation of a course/basic educational content to the target audience. Therefore, there is an urgent need to train pedagogical personnel for the development and use of distance learning forms, provided that the specified features and criteria of educational design are taken into account.

Different distance learning models differ not only in the technologies used, but also in the extent of management and responsibility of teachers and students. The architecture of the distance course has a major impact on the data storage model and organization of the user-friendly course designer. A course can have one or more scenarios (a pre-described sequence of actions on course objects that can change depending on the state of the data at certain points in the scenario). The objects of the course can be both visual elements (technical systems, phenomena, processes) and non-visual elements designed to perform operations on data, data analysis and control the trajectory of the scenario execution. The apparatus of non-visual elements should allow changing the sequence of presentation of the material, for example, depending on the degree of mastering the course. The parameters of the adaptive block can be, for example, the course length, the amount of tasks, the time of their completion, the complexity of the tasks, the pace of their performance, which will help

to adjust to the required level of training. An example of setting up the architecture of a distance course using digital services and taking into account the principles of educational design is shown in Fig. 1.



Conclusion. The modern user already has an idea about the design, navigation, usability of the resource and comfort of working with it. In terms of usability of educational content (usability), when training teachers for the vocational education system, attention should be paid not only to navigation, graphics, prompts, personalization, recognizability, and working with educational materials on mobile devices, but also to ways of teaching them to use innovations in training of qualified employees for specific sectors of the economy.

We are confident that the use of the educational content architecture on the distance education website will provide an opportunity to achieve all the set goals, and most importantly, to make the training of education seekers comfortable, interesting, diverse and effective.

References

1. Cognitive Load Theory and Instructional Design from eLearning Industry. URL: <https://elearningindustry.com/cognitive-load-theory-and-instructional-design>
2. Instructional Design, Conditions of Learning (Robert Gagné) URL: <http://www.instructionaldesign.org/theories/conditions-learning.html>
3. Pedagogical design of electronic learning tools at the workplace: monograph / V.S. Ponomarenko and others; edited by V.S. Ponomarenko, O.I. Pushkar. Kharkiv: KhNEU, 2017. 263 p.
4. Theory and practice of blended learning: monograph / V.M. Kuharenko et al.; edited by V.M. Kuharenko. Kharkiv: Miskdruk, NTU "KhPI", 2016. 284 p.
5. Denysenko S. N. Pedagogical design in the modern educational space. Bulletin of Zhytomyr State University. Pedagogical sciences. Vol. No. 3 (81). 2015. pp. 79–83.
6. Merinova S. V. Distance learning as an integral attribute of modern education. Distance learning as a modern educational technology: materials of the inter-university webinar (Vinnytsia, March 31, 2017). Vinnytsia: VTEI KNTEU, 2017. P. 94–96.
7. Syrotyuk, N. M., Haidai, S. I. (2022). Pedagogical design as a factor in the development of educational motivation of distance learning students. ACADEMIC STUDIES. SERIES "PEDAGOGY", (1), 51-55. <https://doi.org/10.52726/as.pedagogy/2022.1.8>

8. Olena Kovalenko, Juergen Koeberlein-Kerler, Nataliia Briukhanova, Nataliia Korolova, Nataliia Bozhko and Olha Lytvyn. Preparation of students of engineering and pedagogical specialties for the development and implementation of interdisciplinary didactic projects using It-technologies. Proceedings of the 25th International Conference on Interactive Collaborative Learning "ICL2022" (September 27–30, 2022, Hilton Park Vienna, Austria)/

EDUCATION ON OCCUPIED TERRITORIES IN TIMES OF WAR: FOREIGN LANGUAGE TRAINING ENHANCED BY ICT

Lemeshchenko-Lagoda V., Kryvonos I.

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, Ukraine

Abstract. The article considered the peculiarities of foreign language training of students at the higher education institution in the occupied territories during the war time in Ukraine. It is emphasized that the existing distance methods and means of teaching foreign languages used before the beginning of war were partially applicable due to the lack of the Internet and mobile connection, constant shelling, etc. The efficiency of the particular education tools was analyzed in the survey.

Keywords: distance learning, the ZOOM conferencing tool, the MOODLE system, social networks, virtual environments.

Introduction. The education system is one of those spheres that felt the negative impact of military actions the most. In the conditions of hostilities and a constant threat to the lives and health of both students and teachers of Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University, the university administration made a decision to continue the educational process remotely via distance learning tools. However, new difficulties arose as a result of the occupation of the city, the strengthening of disinformation Russian propaganda, which manifested itself in numerous technical obstacles that hindered the continuation of the active educational process.

The purpose of the work. It is to analyze the expediency and effectiveness of using existing distance methods of foreign languages teaching in the conditions of active military operations and the occupation regime in the city.

Formulation of the problem. Distance education makes new demands on teachers, including improving professionalism, increasing the level of professional competence, mastering modern technologies, and the ability to use them in the educational process [1]. The integration of ICT in education serves a lot of purposes, the most important of which are free access to the learning materials, high mobility and comfortability. That's why Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (TSATU) teaching staff considered many options for video conference platforms, learning platforms, virtual spaces and various means of distance communication to choose the best communication software for distance learning. For the teachers of the Department of Foreign languages, the ZOOM conferencing tool turned out to be the most convenient for conducting video conferences because it doesn't require any email registration for users and can be used without installing via the web. The next technology which is used for distance learning is the distance learning environment MOODLE. The MOODLE system is focused on cooperation and interaction between the teacher and the student during the lesson and extracurricular activities for the joint implementation of educational tasks [2]. The teaching staff and students use the Educational Portal (the name of the MOODLE LMS at TSATU) [www.op.tsatu.edu.ua, www.tsatu.edu.ua/im]. Social networks, virtual communities and virtual environments were also used to enhance communication during learning and working processes. But there can appear some additional inconveniences for teachers like to find the personal students' numbers and to create group chats to connect with the whole group or individually with every student, etc.

Solving the problem. With the beginning of Russia's full-scale aggression in Ukraine and the occupation of the territories where the university was located made adjustments to the usual educational process. In a little period of time it was understood that even the well configured system

of distance learning, which could be used in such circumstances, wasn't appropriate and needed fast changes. The most important criteria for choosing tools for the organization of distance learning during military operations in the territories where our students lived, was the versatility (tools can be used on different devices), productivity (tools made it possible doing a variety of tasks (listening, writing, etc.), low internet usage (don't require a stable strong Internet-signal) and correspondence to the set methodical goals (the selected tools had to benefit to achieving the expected result of learning in a distance format). Taking into account all the peculiarities of the situation on the occupied territories and developed criteria it was clear that the students could be limited in using some tools, such as ZOOM-conferences (due to the fact that ZOOM is prohibited in the territories under the control of the Russian Federation, in order to use it, it is necessary to select the virtual private network (VPN) software) and the Moodle system. Instead we could offer them to use e-mail, social networks, instant messaging services and mobile applications Viber, Telegram.

To analyze the efficiency of the chosen education tools the survey was conducted in 5 groups with the number of students from 15 to 25 in each. The total number of students engaged in the survey was 120. At the beginning of the research the accessibility to mentioned tools was analyzed. According to the students' academic achievements at the end of the first semester and personal teachers' observation of their usage it was taken as granted that all the students had access to all mentioned tools in the first semester. The analysis of the accessibility to the education tools in the second semester was conducted via students interviewing and personal teachers' observations and is shown in the table 1.

Table 1

Amount of students who had access to the various distance tools in the first and the second semesters of the 2021-2022 academic year

Tools	Zoom		Moodle		Social networks		E-mail	
	first semester	second semester	first semester	second semester	first semester	second semester	first semester	second semester
Number (N) of students	120	31	120	44	120	109	120	73

Table 2

The academic students' achievements at the end of the first and second semesters of the 2021-2022 academic year

Grade	A		B		C		D		E		FX	
	1st	2nd										
N. of students	17	12	28	20	37	32	19	27	19	20	0	9

As it is indicated in the Table 2, limited access to the educational tools and therefore resources had an impact on the students' achievements at the end of the second term.

The obtained results indicated the need to provide further recommendations to the students regarding the improvement of their knowledge and skills of a foreign language, improving the level of their academic achievements and maintaining the psychological state.

Conclusion. The war in Ukraine definitely brought a lot of challenges and forced adjustments to the educational process. The existing distance methods and tools of foreign languages teaching, which were used before the start of hostilities, appeared to be partly applicable because of the absence of the Internet, mobile network, constant shelling, etc. Limited access to the educational tools and therefore resources had an impact on the students' achievements. The prospects for future research includes search for new learning methods, tools, techniques, resources, etc., especially in foreign language teaching.

References

1. Sorokina G and Krasnova N. (2021). Teaching a foreign language in the conditions of distance and online learning. Retrieved.URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/11605>
2. Regulations on the procedure for the academic debts liquidation of higher education students of the Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University (2020). Retrieved.URL:<http://www.tsatu.edu.ua/nmc/wp-content/uploads/sites/52/222.pdf>

PROJECT-BASED LEARNING AS AN INTEGRATION OF STUDENTS' CRITICAL THINKING AND TEAMWORK SKILLS

Soia O.¹, Kovtoniuk M.¹, Kosovets O.², Petrovych S.²

¹Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnitsia, Ukraine

²Tallinn University, Tallinn, Estonia

Abstract. The ways of modeling students' project activities through the components of the pedagogical process are proposed: content, operational, diagnostic and effectiveness. Critical thinking and teamwork skills of students are substantiated as integrated dynamic personality traits that reflect the formation of soft and hard skills, and the developed ability to self-development. The study is the implementation of a project-based learning for students as an integration of critical thinking and teamwork skills of students through digital technologies and computer mathematics. The matrix reflecting the dependence of a student's critical thinking skills on the ability to work in a team during educational projects has been developed, tested, and analyzed. The study proves that the integration of critical thinking and teamwork skills of students through digital technologies and computer mathematics affects self-development, improves academic performance, develops soft and hard skills through project activities, the synthesis of which is the professional competencies of a future specialist.

Keywords: Project-based learning, critical thinking, teamwork skills, self-development, digital technologies.

Introduction. Today, digital technologies are an integral part of teachers' professional activities, students' educational activities, and their self-development [1]. Practical experience of using interactive methods and information teaching technologies at a pedagogical university shows that project-based learning is among the most effective tools for combining them. Projects in the training of future teachers are implemented through digital technologies and educational project management; educational projects: key to the development of students' professional skills; building a society of the future through educational projects [2]. It is educational projects in students' learning activities that ensure the integration of critical thinking and teamwork skills [3].

The purpose of the work. The study is the implementation of a project-based learning for students as an integration of critical thinking and teamwork skills of students through digital technologies and computer mathematics.

Formulation of the problem. By modeling students' project activities, we mean the integration of self-education and self-development, teamwork skills, critical thinking ability, and development of digital competence (Fig. 1). The modeling of students' project-based learning through the components of the pedagogical process (content, operational, diagnostic and effective) is carried out by using digital technologies and computer mathematics of the foresight wheel in the educational environment in the classroom, during the control of students' learning achievements and the implementation of the principles of informal education (Fig. 2). Therefore, project-based learning as an integration of students' critical thinking and teamwork skills is relevant.

Solving the problem. The study is based on educational projects that are developed, tested, and implemented in the educational process of students of different specialties of the Faculty of Mathematics, Physics, and Computer Science of Vinnitsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University. The final sample included $N = 82$ students of the first to fourth year of the bachelor's degree (approximately 18-20 years old, 56 % female) studying in the specialties 014.09

Secondary Education (Computer Science, Mathematics) and 111 Mathematics. Students answered the questionnaire during regular lecture classes. The study was conducted by lecturers of the Department of Mathematics and Computer Science (Fig. 3).

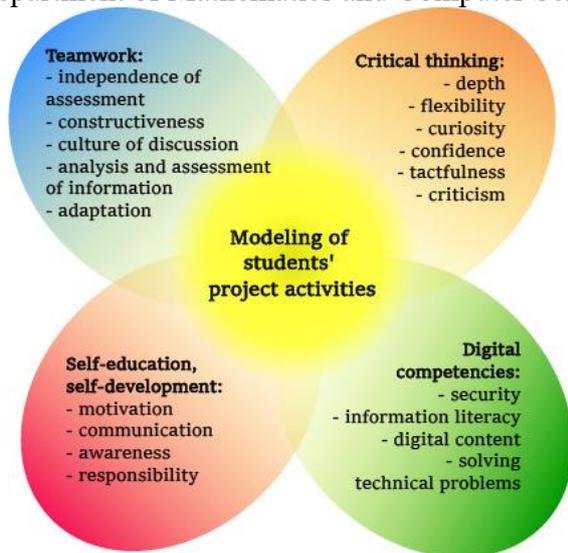


Fig. 1. Modeling of students' project activities (author's development)

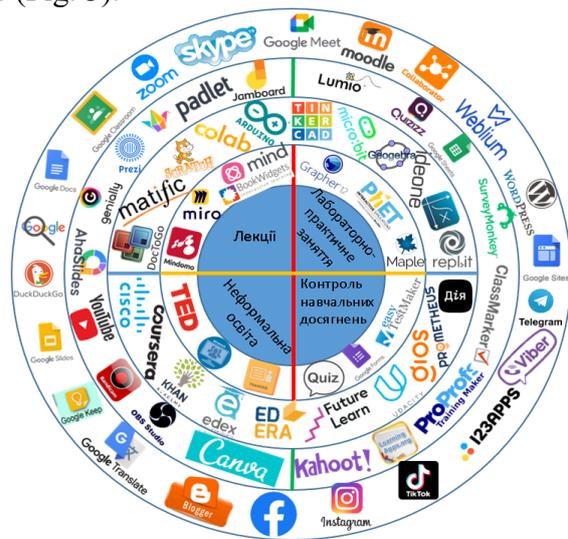


Fig. 2. Modeling the foresight wheel of digital technologies (author's development)

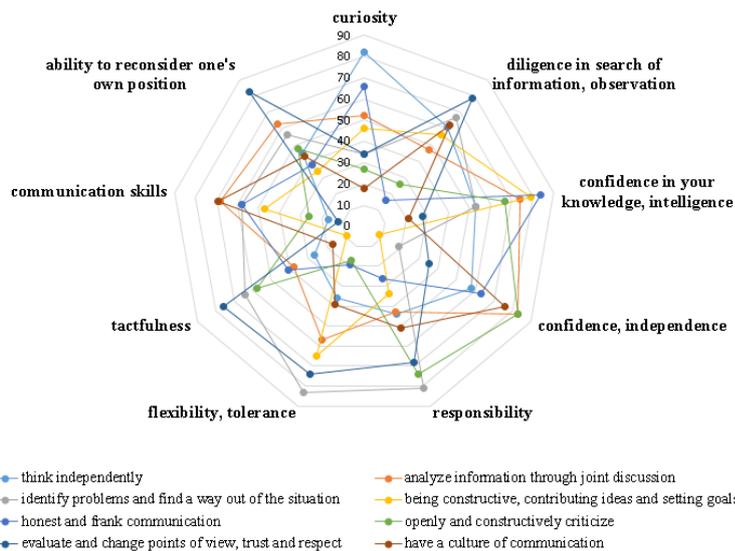


Fig. 3. Dependence of student's critical thinking skills on the ability to work in a team (author's development)

The study showed a correlation between students' critical thinking skills and their ability to work in a team, such as 1) curiosity and the ability to communicate honestly and openly, to think independently; 2) diligence in seeking information, observation and the ability to evaluate and change points of view, to trust and respect; 3) confidence in their knowledge, intelligence and ability to identify problems and be constructive, to propose ideas and set goals; 4) confidence, independence and the ability to analyze information through collaborative discussion and to criticize openly and constructively; 5) responsibility, flexibility, tolerance and the ability to identify problems

and find solutions; 6) tact and the ability to reconsider one's position and the ability to evaluate and change one's point of view, to trust and show respect; 7) communication skills and a good communication culture.

Conclusion. The study proves that the integration of students' critical thinking and teamwork skills through digital technologies and computer mathematics affects self-development, improves academic performance, develops soft and hard skills through project activities, the synthesis of which is the professional competencies of a future specialist.

References

1. Kovtoniuk, M., Kosovets, O., Soya, O., Leonova, I.: The architecture of digital technologies in the educational environment of the teacher as a transfer of innovations to the economic space of the state. In: Modern information technologies and innovative teaching methods in the training of specialists:

methodology, theory, experience, problems, 68, pp. 93–106. (2023) <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2023-68-93-106>

2. Serrano Mesia, M. M., Lule Uriarte, M. N., Montenegro Cruz, N.Y.: Projetos em educação para a melhoria do ensino. In: *InterCambios*, 10 (2), pp.87-95 (2023). [10.29156/inter.10.2.9](https://doi.org/10.29156/inter.10.2.9)
3. Chkana, Ya., Martynenko, O.: Critical thinking as an important component of mathematical competence of future teachers of mathematics. In: *Education. Innovation. Practice*, 11(5), pp. 102-107 (2023). [10.31110/2616-650X-vol11i5-015](https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-015)

IMPROVING STUDENTS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF MAGNETIC FIELDS AND SCIENCE PROCESS SKILLS THROUGH GUIDED EXPLORATORY EXPERIMENTS USING A SMARTPHONE

Frank Angelo Pacala

Presidential School of Karshi, Karshi City, Uzbekistan

Abstract. The recent Program for International Student Assessment result found that many countries need to improve in science. The quest to improve the scores in science is ongoing. A remedy for this problem has been found in this study. This research is an explanatory mixed-method to investigate the effect of guided exploratory experiments using smartphones on students' conceptual understanding and science process skills. An experimental group-only design with pre-test and post-test was used for the quantitative part, while a hermeneutic phenomenology was used for the qualitative part. There were 36 student participants, and all of them were involved in both pre-test and post-test. The quantitative data analysis revealed a significant difference between the pre-test and post-test using a paired test, which is substantial according to Cohen's *d* value. It was worth noting that many students got A* after the intervention. The qualitative findings verified these quantitative results, indicating that students increased conceptual understanding and science process skills due to their engagement in a hands-on activity, being supported by the teachers, and being encouraged to think critically. Learning theories like the social constructivism approach and experiential learning theory were also verified. The study implies that school policy should be made for the use of smartphones; students should be informed about some errors to reduce confusion, and massive training of teachers on using smartphones in experiments should be initiated.

Keywords: guided exploratory approach, smartphone experiment, conceptual understanding, science process skills, solenoid, magnetic field

Introduction. The study focuses on improving students' conceptual understanding and scientific process skills in solenoids' magnetic fields, which opens up an innovation area for science education. Employing a modern and interactive approach, the research centers on guided exploratory experiments facilitated by smartphone technology. This study aims to provide learners with a dynamic, accessible learning experience using mobile technology that will allow further understanding of solenoids' magnetic fields while simultaneously improving their scientific process skills. Through this investigation, the study would like to contribute to the evolution of education methodologies and emphasize the importance of innovative instruments and methods for improving science learning.

The purpose of the work. This research aims to determine whether the advent of the Guided Exploratory Approach must be explored to facilitate the experiment on a smartphone's magnetometer to verify the theory, enhance students' conceptual understanding of the concept, and improve their science process skills.

Formulation of the problem. This study is driven by a continuing need to improve the methods of teaching science, particularly in terms of conceptual understanding and scientific process skill development for students. The study took place at one of the schools in Uzbekistan. The recent blunder of Uzbekistan's educational system in the Program for International Student Assessment (PISA) is a ringing alarm bell for many educators in the country. The country was among the top ten lowest scorers in the 81 participating countries [1]. This situation has offered a challenge and points of improvement to the academic community within Uzbekistan to seek a remedy for this problem.

Moreover, the issue of regressing science education is expected in Uzbekistan and developed countries. Harper [2] reported that European educational attainment is at an all-time low. He added that Germany, Iceland, the Netherlands, Norway, and Poland have shown significant areas for improvement in mathematics. Saric [3] also reported that United States students dropped three points in their 2018 science results. This only means there is a greater need to upgrade the education system around the globe.

Solving the problem. To start moving on the right track, the first step is to recognize that traditional approaches often need to be more engaging for students and foster a comprehensive grasp of complex scientific concepts [4]. Then, educators should map out educational innovations that can sort out this perennial issue. This research builds on the intersection of technology and learning, recognizing the widespread presence of smartphones and their potential as educational tools. The background is rooted in the belief that integrating guided exploratory experiments using smartphones can augment students' conceptual understanding of the magnetic field of a solenoid and also cultivate essential science process skills.

This research utilized the sequential explanatory mixed-method design. This means a quantitative research procedure was conducted first and followed by the qualitative research approach [5]. Mixed methods refer to techniques for collecting, examining, and combining data of both quantitative and qualitative nature during a single study to improve the understanding of research issues [6].

This study was conducted in two schools in Uzbekistan among grade 11 students. The names of the schools were not mentioned for privacy. There were 35 students, which were intact groups of 4 classes. There were 5 girls and 31 boys in this experiment. There was no randomization since the students were already in entire groups. There is no selection bias because the school administrator grouped the participants. Moreover, the student participants are more likely homogenous in this research because they were admitted to the school through a rigorous and competitive admission process.

There are two research instruments in this research. The Magnetic Field of a Solenoid Test of Conceptual Understanding and Test of Science Process Skills. The Conceptual Understanding Test is a multiple-choice test, while the Test of Science Process Skills is a structured type of question. The Test of Science Process Skills is composed of determining the independent, dependent, and controlled variables, graphing, drawing the line of best fit, calculating the gradient, and analyzing equations and relationships. A panel of experts validated these instruments. They reviewed the instrument for content validity. Originally, there were 25 items on the tests. After the review, 15 remained for the Test of Science Process Skills and 20 for the Magnetic Field of a Solenoid Test of Conceptual Understanding. These tests were piloted among grade 10 students of the same school to measure internal consistency. The researcher used Cronbach's alpha to evaluate the degree of interrelatedness among the test items. For the Magnetic Field of a Solenoid Test of Conceptual Understanding, the alpha was 0.73. For the Test of Science Process Skills, Cronbach's alpha was 0.71. According to Welk et al. [7], a Cronbach's alpha value equal to or exceeding 0.70 is a positive indication of internal solid reliability.

Conclusion. These results revealed that a guided exploratory approach in mobile-based experiments has significantly increased the conceptual understanding and science process skills of students in public schools in Uzbekistan. The qualitative findings verified these quantitative results that students increased conceptual understanding and science process skills due to their engagement in a hands-on activity, being supported by the teachers, and being encouraged to think critically. However, despite these positive remarks, students also experienced being challenged by data precision or accuracy. These results only mean that smartphone experiments should use teacher guidance and support towards the students to promote higher learning and science process skills. The facilitation of the teacher during a smartphone experiment is super beneficial. With it, students will recover, possibly leading to a conceptual learning gap. The theories of learning, such as social constructivism and experiential learning, are proven correct based on this experiment.

This study has far-reaching implications for both the classroom and the educational process. Firstly, the downfall of scores PISA on science can be rescinded on the following international exams if the guided exploratory approach is used in regular experiments or experiments using a smartphone. This study found that intervention can increase the science process skills, which are questions in the PISA exams. Secondly, as students are now immersed in the use of mobile phones, a policy on this should be created with its use during classroom experiments. Some studies revealed that smartphones are a factor in students' low performance and should be controlled and used only for science experiments or as required. Next, students should be informed about some experiment errors to ensure everything is clear. This information can be discussed during the plenary after the experiment. Finally, massive teacher training on using smartphones in experiments combined with a guided exploratory approach or another model should be initiated.

References

1. OECD. PISA 2022 participants. <https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/pisa-2022-participants.htm>, last accessed February 2023.
2. Harper, D. European education slips downward, according to PISA report by OECD. Euro News. <https://www.euronews.com/2023/12/05/european-education-slips-downward-according-to-pisa-report-by-oecd>, last accessed December 2023.
3. Saric, I. U.S. students' math scores plunge in global education assessment. Axios. <https://www.axios.com/2023/12/05/us-students-pisa-global-assessment>, last accessed December 2023.
4. Chang, E., London, R. A., & Foster, S. S. Reimagining student success: Equity-oriented responses to traditional notions of success. *Innovative Higher Education*, 44, 481-496 (2019).
5. Setiawan, A. An Exploratory Sequential Mixed-Methods Approach to Understanding Students' Entrepreneurial Self-Efficacy. *Journal of Turkish Science Education*, 20(2), 320-332.
6. Ivankova, N. V., Creswell, J. W., & Stick, S. L. Using mixed-methods sequential explanatory design: From theory to practice. *Field methods*, 18(1), 3-20 (2006).
7. Welk, B., Morrow, S., Madarasz, W., Baverstock, R., Macnab, J., & Sequeira, K. The validity and reliability of the neurogenic bladder symptom score. *The Journal of urology*, 192(2), 452-457 (2014).

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF A FASHION INDUSTRY SPECIALIST

Riabchykov M.¹, Mytsa V.², Ryabchykova K.³

¹Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

²Khmelnyskyi National University, Khmelnytsky, Ukraine

³Manchester Metropolitan University, Manchester, United Kingdom

Abstract. The purpose of this study is to improve the methods of forming the professional competences of specialists in the field of fashion with the involvement of the capabilities of artificial intelligence. An algorithm was developed, which is a multi-iteration process of improvement while ensuring mutual learning of the computer and the student. Reasoned requirements for the main stages of artificial intelligence applying were developed. They include the formation of a prompt and the creation of a visual referent. The implementation of the developed algorithm in teaching practice demonstrated high efficiency in the process of formation of professional competences.

Keywords: artificial intelligence, fashion design, competences, algorithm

Introduction. Means of artificial intelligence penetrate into most areas of human activity. One of the under-researched areas of application of these tools is education related to the fashion industry. This industry requires constant creation of innovative concepts, creative ideas that cover not only original designs, but also a wide range of elements such as style, color, texture and construction. Similar technologies are rapidly developing with the use of generative artificial intelligence, but they are not yet widely used in educational activities. The main possibilities of artificial intelligence application in this field began to be used relatively recently [1], but they have

already managed to create a certain basis for their real implementation. One of the more difficult tasks at the same time can be the problem of forecasting industry development trends, which can be solved by the methods of learning algorithms [2].

The purpose of the work. Substantiation of the methods of forming effective algorithms for designing a clothing collection in the process of compatible machine and personal learning in the formation of professional competences in the field of the fashion industry.

Formulation of the problem. The methods of generative artificial intelligence are limitedly implemented in the practice of forming the professional competences of specialists in the fashion industry. Model of creating a clothing collection is grounded insufficiently, taking into account iterations in the process of mutual learning between humans and artificial intelligence.

Solving the problem. The research was conducted within the scope of studying special courses on clothing design by students of higher educational institutions. At the same time, the process of training students was accompanied by a corresponding process of machine learning of a neural network.

The main methodology consists of the combinatorial principle compatible with the use of neural networks, which is implemented, in particular, on the methodology of Leonardo AI. Methods of mixing and combining different directions and forms of design based on the creation of a learning algorithm were taken into account, combinatorial analysis is based on the use of artificial intelligence methods.

The process of creating a collection of clothing models using different types of neural networks has its own characteristics. In general, the process of creating a clothing collection consists of the following stages:

- Selection of the theme (idea) of the collection;
- Selection and creation of a visual referent;
- Creating a text description – a prompt for training artificial intelligence;
- Work in a neural network;
- Generate collection → Edit as needed → Download satisfactory result.

According to the given algorithm, it is advisable to use different types of neural networks at different stages of work. Namely:

- at the stage of development of the collection concept – neural networks for working with text such as ChatGPT, Google Gemini, Claude AI, Microsoft Copilot, Perplexity AI, Inferkit, BLOOM, Namelix, etc.;
- at the stage of translation of the prompt into different languages - translators with artificial intelligence such as DeepL, Google Translate, iTranslate, Microsoft Translator, Reverso, SeamlessM4T, etc.;
- at the collection generation stage – neural networks for working with images such as Midjourney, Leonardo.ai, Dall-E 2, Stable Diffusion, NightCafe, Gaugan, Images.AI, Jasper Art, etc.

Analysis of the images generated by the composite prompt and selected visual referent presented in Figure 1 shows that a significant number of details are unique and original. Also, individual details require further processing to meet technical and aesthetic requirements. This may include design optimization or functional considerations. The interaction of each part in the context of the overall composition of the product is also important.



Fig. 1. Variants of the women's jacket model, generated with the help of a referent and a prompt with detailing of structural elements

While generative AI has been valuable in the design and ideation process, transforming these visualizations into functional digital clothing is a complex process. At the next stage of work, technical sketches of the generated models of women's jackets were refined and created taking into account the experience of designing physical clothing. These sketches are presented in Figure 2.



Fig. 2. Technical sketches of generated models of women's jackets

In order to use the tools of artificial intelligence in practical work as effectively as possible, the designer must be able to interact productively with manufactures and adapt the obtained results in accordance with their own creative ideas and market needs.

Conclusion. The process of forming the competences of a fashion industry specialist using artificial intelligence is a multi-iteration process that includes continuous human communication with artificial intelligence, during which mutual learning and improvement of the clothing collection takes place. The total number of iterations at the stage of forming the prompt and the stage of creating the final result is 4-6, depending on the depth of mutual learning between the machine and the person.

References

1. Luce, L. (2019) *Artificial Intelligence for Fashion: How AI Is Revolutionizing the Fashion Industry*. San Francisco: Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3931-5>.
2. Zhao, L., Li, M., & Sun, P. (2024). Neo-Fashion: A Data-Driven Fashion Trend Forecasting System Using Catwalk Analysis. *Clothing and Textiles Research Journal*, 42(1), 19-34. <https://doi.org/10.1177/0887302X211004299>.

WEB RESOURCE "PROGRAMMING IN C#" AS A COMPONENT OF A VIRTUAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR FORMING AND IMPROVING DIGITAL COMPETENCIES OF TEACHERS

Sazhko H., Nechuiviter O., Chaika A., Sivitsky V.

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The active digital transformation of education and the shift to online learning are not temporary and irreversible phenomena. Therefore, lifelong learning and the development of digital skills act as safeguards against future disruptive technological changes. The authors of this work present theoretical insights and practical developments regarding the formation and improvement of teachers' digital competencies, particularly the educational web resource "Programming in C#", which is a component of a virtual educational environment aimed at enhancing the qualifications of teachers in the field of digitization. The research object is the process of forming and improving teachers' digital competencies. The research subject is the virtual educational environment for forming and improving teachers' digital competencies. The aim of the research is to justify and develop the web resource "Programming in C#" as a component of a virtual educational environment for forming and improving teachers' digital competencies.

Keywords: Distance learning, digital technologies, educational web resource, virtual educational environment.

WEB РЕСУРС "ПРОГРАМУВАННЯ НА C#" ЯК КОМПОНЕНТ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ І УДОСКОНАЛЕННЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ВЧИТЕЛІВ

Сажко Г.І., Нечуйвітер О.П., Чайка А.В., Сівіцкий В.В.

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

Анотація. Активна цифрова трансформація освіти та перехід до онлайн-навчання не є тимчасовим і незворотнім явищем. Тому навчання впродовж життя та розвиток цифрових навичок виступають запобіжниками від майбутніх руйнівних технологічних змін. Автори цієї роботи представляють теоретичні напрацювання та практичні розробки щодо формування та вдосконалення цифрової компетентності вчителів, зокрема освітній web-ресурс "Програмування на C#", який є складовою віртуального освітнього середовища, спрямованого на підвищення кваліфікації вчителів у галузі цифровізації. Об'єкт дослідження - процес формування та удосконалення цифрової компетентності вчителів. Предмет дослідження - віртуальне освітнє середовище для формування та удосконалення цифрової компетентності вчителів. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні та розробці web-ресурсу "Програмування на C#" як складової віртуального освітнього середовища для формування та удосконалення цифрової компетентності вчителів.

Ключові слова: дистанційне навчання, цифрові технології, освітній web ресурс, віртуальне освітнє середовище.

Introduction. The digital transformation of education necessitates the use of information and communication technologies in the educational process not only due to force majeure circumstances but also to provide free access to educational resources and lifelong learning opportunities [1]. In the content part "Frameworks of Digital Competencies for Citizens of Ukraine," areas of proficiency in digital competencies have been identified, allowing employers to flexibly formulate requirements for the digital competencies of their employees and optimize human resources by introducing IT innovations into the educational process, with one of the areas being the creation of digital content. Primary programming skills have been identified as one of the five competencies [2].

Formulation of the problem. To ensure effective formation and improvement of teachers' digital competencies during professional development, it is necessary to create conditions that foster the development of individual educational trajectories through free access to content, monitoring tools, communication channels, and possibly even through massive open online courses with recognition of acquired micro-credentials. An important tool for organizing effective learning is an educational web resource.

The purpose of the work. Justification and development of the web resource "Programming in C#" as a component of a virtual educational environment for the formation and improvement of teachers' digital competencies.

Solving the problem. The authors of this work have already developed a virtual educational environment (VEE) for the formation and improvement of teachers' digital competencies during professional development, where the VEE is considered as an online platform or system that implements resource and communication functions [3]. Within this VEE, a module called "Object-Oriented Programming" has been identified.

The web resource "Programming in C#" has been implemented on Google Site. This free platform for creating websites was chosen for several reasons: an intuitive interface; integration with Google Workspace; mobile compatibility; cost-effectiveness; collaborative features, making it an ideal tool for teamwork. The structure of the "Programming in C#" web resource includes:

1. Annotation: It elucidates the purpose of the educational web resource, its structure, a brief description of each content module, presented auxiliary resources and their characteristics, and a concluding section outlining the formed knowledge and skills.

2. Promotional Video: A promotional video to popularize the educational web resource emphasizing the relevance of studying this course; a list of main topics covered; and modern digital tools involved in mastering the course.

3. Educational Modules: Each of the eight modules contains a complex of digital educational resources aimed at: a) forming theoretical knowledge: lecture notes, multimedia presentation, video lectures, b) practical skills: structural-logical scheme of practical work, methodical instructions for performing practical work, video instructions, individual tasks, c) control and assessment of achieved results: interim testing.

4. Auxiliary Resources: This section is filled with useful internet links on the topic, a glossary of terms, reference literature, a list of software for use as digital educational resources.

5. Conclusion: Completion of the final test. Summarizing the educational process implemented through the educational web resource. Obtaining feedback through online surveys and a virtual forum.

Conclusion. The development of the web resource "Programming in C#" for the formation of the digital competency "primary programming skills" has enabled distance learning for several purposes: firstly, for the professional development of teachers without interrupting their direct work duties; secondly, as an educational component of the vocational education program "Professional Education. Digital Technologies"; thirdly, as a digital tool for acquiring informal and non-formal education.

References

1. Nechuiviter, O., Sazhko, H., Kovalchuk, A. (2022). Digitalization of the Educational Process of Training Future Engineering-Teachers. In: Hu, Z., Zhang, Q., Petoukhov, S., He, M. (eds) *Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering. ICAILE 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 135. Springer, Cham. Pp. 204-213. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04809-8_18
2. Framework of Digital Competencies for Citizens of Ukraine (2023). Ministry of Digital Transformation of Ukraine. <https://thedigital.gov.ua/news/pidvishchennya-rivnya-tsifrovikh-navichok-ukraintsiv-doluchaytesya-do-obgovorennya-proektu-ramki-tsifrovoi-kompetentnosti-gromadyan>
3. Sazhko, H., Nechuiviter, O., Kovalchuk, A., Fatieieva, L. (2024). The Formation of a Virtual Educational Environment as an Element in the System of Improving the Digital Competences of Teachers. In: Auer, M.E., Cukierman, U.R., Vendrell Vidal, E., Tovar Caro, E. (eds) *Towards a Hybrid, Flexible and Socially Engaged Higher Education. ICL 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 900. Springer, Cham. Pp. 47-54. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52667-1_6

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO UNIVERSITY EDUCATION: A FOCUS ON FOREIGN LANGUAGE INSTRUCTION

Trokhymchuk S., Bryntseva O.

Ukrainian Engineering Pedagogy Academy Kharkiv, Ukraine

Abstract. The article explores the integration of the artificial intelligence-driven chatbot ChatGPT in foreign language instruction at technical universities. It examines ChatGPT's linguistic abilities and pedagogical potential within the educational process. Study purpose: to assess the viability of implementing ChatGPT in foreign language education and to explore the characteristics and instances of integrating artificial intelligence technologies within the educational sector. Objectives of the study include analyzing the potential of ChatGPT and assessing its applications in university-level foreign language instruction; to consider real cases of artificial intelligence technologies implementation in Ukrainian and foreign universities and to analyze our own experience of its application in foreign language classes. Research methods: theoretical, statistical, experimental-theoretical. The study's findings can be utilized by educators, educational program developers, and technology creators to enhance foreign language teaching methodologies.

Keywords: artificial intelligence technologies, ChatGPT, a foreign language teaching, engineering students

Introduction. Modern foreign language teaching methodologies are progressively emphasizing the integration of digital technologies and the customization of the educational journey

within the learning process. Despite the rapid advancements in the digitalization of education and the increasing public demand for a high-quality, effective education system grounded in modern technologies, the call for innovative scientific ideas and practical recommendations often goes unanswered. This lack of readily available tools for teaching foreign languages presents a significant technological challenge for educators.

The purpose of the work - to investigate the advantages and disadvantages of artificial intelligence technologies, their limitations and prospects for use in the practice of teaching a foreign language at the university.

Formulation of the problem. The rapid rise in ChatGPT's popularity has spurred researchers to conduct comprehensive investigations into its potential for education, aiming to significantly enhance the learning experience. This investigation is expected to boost students' cognitive involvement and aid in the effective achievement of educational goals.

Solving the problem. Artificial intelligence can be used in the process of individualized learning - an approach to teaching and learning aimed at adapting the learning process to the unique needs and abilities of each student. In this context, the use of artificial intelligence in foreign language teaching is possible in the following directions: expanding opportunities for productive foreign language communication - practice of conversational foreign language speech [1]; taking into account individual characteristics and interests of students, their level of foreign language proficiency - personalized feedback [2], practice on authentic language materials; conscious approach to learning - motivation of students to learn foreign languages and language phenomena; development of variant test tasks for assessment of students' foreign language communicative competence.

ChatGPT's capabilities for language teachers include: word selection, creating unique texts, individual assignments; creating exercises on required topics, including the generation of various examples of typical problem-solving; shortening texts not intended for detailed study while preserving the overall meaning and details important for its understanding; automatically checking students' written work using algorithms that can be trained to recognize specific writing styles, grammatical errors and other elements that are essential to the student's learning; analyzing errors to identify patterns and trends in skill development. This helps standardize the process of grading papers and provides an environment in which all students receive fair and accurate grades; error analysis to identify patterns and trends in skill development.

ChatGPT's opportunities for students in foreign language learning include unlimited access to the resource; self-generation of additional assignments on under-learned topics; rapid translation of foreign-language written content for a deeper understanding of the topic, phenomenon or event being studied; the ability to select specific words, phrases, sentences to improve the clarity and coherence of the text, as well as the ability to use alternative ways of presenting ideas and/or more reasoned arguments; and support for informed dialogue. The research results have theoretical significance due to the detailed description of artificial intelligence technologies within the academic environment, despite the existing limitations. The research findings of this study have important practical implications, as they can be effectively applied in both classroom settings and extracurricular activities within the field of foreign language teaching.

Conclusion. The study proposes several strategies for integrating ChatGPT into university-level foreign language education. AI has undoubtedly revolutionized foreign language learning, making it more accessible, effective and engaging than ever before. Advancements in AI technology, coupled with the integration of advanced tools such as VR (Virtual Reality) and AR (Augmented Reality), indicate a highly promising future for language learning. Further research is crucial to uncover novel roles for teachers within the educational process, as well as innovative methods for instructing higher education students, with a focus on fostering graduate competencies such as imagination, creativity, and innovation—attributes that machines are unlikely to replicate. Obviously, basic research is needed to develop effective methods for human-AI interaction and collaboration.

References

1. Tran Tin Nghi. (2019). Applying AI Chatbot for teaching a Foreign Language: an empirical research. International Journal of Scientific & Technology Research. Delhi, Vol. 8, № 12.
2. Kasneci E., Seßler K., Küchemann S. et al. (2023). ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education. Learning and Individual Differences. Vol. 103.

A COMPARISON OF SOME GAME APPLICATIONS FOR LEARNING COMPUTER SCIENCE

Verbovetskyi D., Oleksiuk V.

Institute for Digitalization of Education National Academy of Educational Sciences of Ukraine

Abstract. This thesis explores the potential of game software as a learning tool for computer science education. Through a comparative analysis of various game software options, the study identifies key features that contribute to effective learning, including versatility in subject matter, interactive and visual learning methods, and platform accessibility. It categorizes software based on its focus (specific vs. universal) and learning method (interactive/practical vs. visual/practical). The discussion highlights the importance of considering individual learning goals, preferred styles, and budget when choosing game software.

Keywords: gamification, digital learning, game tool, game-based learning, game.

Introduction. The widespread introduction of computer technologies since the beginning of the 21st century has brought about a significant transformation in education. Teachers in colleges and universities are improving teaching methods through the use of digital technologies. One of the promising areas of development of modern information technologies is the use of gamification technologies.

The purpose of the work is to analyze and characterize ready-made some game application and services for learning computer science.

Formulation of the problem. Today the problem of creating a gamification environment for the le of future informatics bachelors is relevant. Game software as components of the gamification environment are its basis and reflect its functionality. To design a model for using a gamification environment, it is necessary to take into account several of its key components, including: purpose, definition of the target audience, selection of game services and platforms, creation of tasks with gamification elements, feedback from the acquirer, technological infrastructure and methodological recommendations for the implementation and use of the environment.

Solving the problem. There are many software tools that can be used to create a gamification environment in higher education institutions. Among the most famous are: Kahoot!, Quizizz, Classcraft, Codewars, CodeCombat, HackerRank, Cisco Packet Tracer, Nand2Tetris, Scratch, Educational Minecraft, CodinGame, Quizlet, Bloocket. Let's take a closer look at each of them.

Kahoot! is an interactive quiz platform for students of different ages and educational groups. At the end of the quiz, the platform provides detailed statistics on the results of each participant, including the number of correct and incorrect answers. The platform can be accessed through a web version or a mobile application, making it available for different types of devices [1].

Quizizz is an online platform for conducting quizzes and tests for pupils and students of different levels of education. It allows you to create quizzes on any topic and use them both in the classroom and at home. Quizizz automatically evaluates test results and provides detailed reports on the performance of each participant. Quizizz requires an Internet connection and supports various types of devices [13].

Classcraft is a learning platform that uses the concept of a game to engage students and create a favorable learning environment. Classcraft has a system of motivation through experience points and rewards that participants receive for completing tasks. The platform also provides teachers with analytical data on student progress and performance. To use Classcraft, you need an internet

connection and a device with a web browser, as well as an account and class and assignment setup [2].

CodeWars is an online platform for learning programming by solving problems. The tool offers a variety of tasks in different programming languages, divided into levels of difficulty. To use it, you need Internet access and an account on the platform [3].

CodeCombat is a programming learning platform that offers a game-based approach to skill development. The tool supports various languages, including Python, JavaScript, Java, C++, and offers interactive lessons with instant feedback. CodeCombat has different levels of task complexity and an active community of users for discussions and collaboration. Using this tool, you can customize your learning to your needs, and all you need is the Internet and an account to access it [4].

HackerRank is an online platform for developing programming skills, algorithmic and technical understanding. It is used for learning, preparing for technical interviews, and solving problems of varying complexity. The application supports many different programming languages, such as Python, Java, C++, JavaScript, Ruby, and others, allowing users to use the language they are most comfortable with. The platform can be integrated with educational programs and educational institutions to support programming training and prepare for a career in the IT field. To use HackerRank, teachers or students need access to the global Internet and a registered account on the platform. Players should have basic programming skills and a desire to improve them by completing tasks on the platform [5].

Cisco Packet Tracer is a virtual platform for modeling network configurations and experiments developed by Cisco Systems for training and practical use in the field of networking. Packet Tracer allows you to create and configure a variety of network topologies, including LANs, wireless networks, and Internet connections. Users can explore and test various network protocols such as TCP/IP, OSPF, VLAN, DHCP, and others. Packet Tracer can be integrated with Cisco Networking Academy curricula and contains interactive exercises and scenarios to prepare students for certification exams. To use it, you need access to a computer with the software installed and the Internet [6].

Nand2Tetris is an educational project that offers a unique approach to learning computer science, starting with basic logic elements and ending with the creation of your own computer and operating system. To participate, you need to have access to a computer with development software installed, such as an integrated development environment (IDE), a text editor, and a terminal [7].

Scratch is a web-based platform developed by MIT Media Lab designed to teach programming and develop creative skills. Scratch uses a graphical interface for programming, so users can create programs by dragging and dropping blocks to represent different commands and operations. Scratch is available in a web-based version, so you can use it on any device with Internet access and on any OS [8].

Educational Minecraft is an educational version of the popular video game Minecraft, designed specifically for educational purposes. To use Educational Minecraft, you need to have access to a computer or game console that has the Minecraft game and the educational module installed. Internet access is also required to download materials and updates [9].

CodinGame is an online platform for learning programming and solving programming problems through games. CodinGame has APIs that enable its integration with other services and development tools. The platform supports various programming languages, including Java, C++, Python, JavaScript, and others. Some CodinGame tasks are available for open use and can be used in universities in programming courses. Since CodinGame is accessible through a web browser, users just need to have an account on the platform and a desire to learn programming [10].

Quizlet is an educational platform that provides tools for creating, teaching, and learning learning material through flashcards, quizzes, and other methods. The tool is intended for students, teachers, learners, teachers, and anyone who wants to improve their knowledge and skills. To use Quizlet, you need Internet access and a registered user account. The platform is accessible through a web browser and mobile applications on iOS and Android [11].

Another gaming platform is Bloocket. It is designed to create and deliver interactive lessons and games for learning. The tool provides teachers with tools to create cards with questions, answers, and illustrations for further use in the classroom. The platform has a collection of different types of games, such as quests, bingo, crosswords, associations, and many others, so teachers can choose the best format for teaching different subjects and topics. The platform is free for teachers and students, but may contain paid additional features to enhance the learning experience [12].

Summarizing the above possibilities of game tools, we can identify characteristics for their comparative analysis:

1. The versatility of the tool (this criterion can assess the wide use of the platform for different subjects or limited use only for specific topics or disciplines).
2. Names of disciplines in which a particular tool can be used.
3. Teaching methods that can be used with the tool (verbal, visual, practical, interactive, research, differentiated).
4. Type of supported device (availability of the platform on different devices can be a web version, mobile platform, desktop version).
5. Purpose - the main goal of using the platform is considered.
6. Game genre.

Analyzing Table 1, we can state that there are a large number of ready-made game tools that are universal and can be used to study any section of computer science. However, most of them are focused on learning programming. As for the methodology of game-based learning, most tools should be used in combination with visual, practical, and interactive teaching methods. These techniques involve direct user interaction with the learning software, such as writing code or solving problems. For example, Scratch or CodeMonkey can be used to teach programming to beginners. To increase students' interest in the game, Minecraft will be useful: Education Edition will be useful.

Table 1.

Comparative analysis of game tools

Gamig tool	Versatility	Disciplines in which you can use	Teaching methods with which it is advisable to use the tool	Device type	Appointment	Game genre
Kahoot!	Universal	Various topics	Interactive, practical	Web version, mobile application	Development of skills	Quiz
Quizizz	Universal	Various topics	Interactive, practical	Web version, mobile application	Development of skills	Quiz
Classcraft	Specific	Various topics	Interactive	Web version, mobile application	Motivation and engagement	Role play
Codewars	Specific	Programming	Practical, differentiated	Web version	Motivation and engagement	A game for solving programming problems
CodeCombat	Specific	Programming	Interactive, practical	Web version, mobile application	Interaction and cooperation	Role-playing game for learning programming
HackerRank	Specific	Programming	Practical, differentiated	Web version, mobile application	Development of skills	A game for solving programming problems

Cisco Packet Tracer	Specific	Computer networks	Visual, practical	Desktop version, web version	Development of skills	Network simulator
Nand2Tetris	Specific	Computer architecture	Practical, research, visual	Web version	Development of skills	Adventure game (exploratory)
Scratch	Universal	Programming	Practical	Web version, mobile application	Development of skills	Game designer
Educational Minecraft	Universal	Various topics	Visual, practical, differentiated	Desktop version, web version, mobile app	Motivation and engagement	Simulation (includes elements of an adventure game)
CodinGame	Specific	Programming	Practical, differentiated	Web version, mobile application	Motivation and engagement	A game for solving programming problems
Quizlet	Universal	Various topics	Verbal, visual	Web version, mobile application	Development of skills	Training application
Blooket	Universal	Various topics	Interactive, differentiated	Web version, mobile application	Training	Interactive game

Also, many of the above tools are cloud-based, have a browser version, and can be used on any operating system and from any gadget. In this aspect, it is appropriate to develop new or deploy existing game applications on academic clouds [14]. In addition to the characteristics listed in the table, other factors should be considered when choosing gaming software, such as cost, availability of a community of users, support, and the target audience of students who will use the applications.

Conclusion. After analyzing learning environments, including quizzes, role-playing games, online problem-solving platforms, simulations, constructors, and learning apps, we can state that learning platforms offer different methods and approaches to learning, from interactive quizzes to hands-on programming tasks and project builders. Many game learning platforms provide the ability to personalize learning and adapt to the individual needs and level of knowledge of each student. They can be used in a variety of areas of computer science such as programming, networks, web design, etc. In general use of various learning platforms can contribute to an effective and engaging learning process, increase motivation, and develop a variety of skills for students.

References

1. Wang, A. I., & Tahir, R. (2020). The effect of using Kahoot! for learning—A literature review. *Computers & Education*, 149, 103818.
2. Sanchez, E., Young, S., & Jouneau-Sion, C. (2017). Classcraft: from gamification to ludicization of classroom management. *Education and Information Technologies*, 22, 497-513.
3. Díaz, J., Lopez, J. A., Sepúlveda, S., Villegas, G. M. R., Ahumada, D., & Moreira, F. (2021). Evaluating aspects of usability in video game-based programming learning platforms. *Procedia Computer Science*, 181, 247-254.
4. Kroustalli, C., & Xinogalos, S. (2021). Studying the effects of teaching programming to lower secondary school students with a serious game: a case study with Python and CodeCombat. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6069-6095.
5. Zinovieva, I. S., Artemchuk, V. O., Iatsyshyn, A. V., Popov, O. O., Kovach, V. O., Iatsyshyn, A. V., ... & Radchenko, O. V. (2021, March). The use of online coding platforms as additional distance tools in programming education. In *Journal of physics: Conference series* (Vol. 1840, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.

6. Tracer, C. P. (2013). Cisco Packet Tracer. URL: <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/coursecatalog/PacketTracer.html>.
7. Krishnan, K. M. (2020). eXpOS: A Simple Pedagogical Operating System for Undergraduate Instruction. arXiv preprint arXiv:2008.03563.
8. Shin, S. B. (2015). The improvement effectiveness of computational thinking through scratch education. *Journal of the Korea society of computer and information*, 20(11), 191-197.
9. Ekaputra, G., Lim, C., & Eng, K. I. (2013). Minecraft: A game as an education and scientific learning tool. ISICO 2013, 2013.
10. Yilmaz Ince, E. (2021). Students' Perceptions on Learning Programming with CodinGame. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 17(1), 38-46.
11. Abdullah Al-Malki, M. (2020). Quizlet: An online application to enhance EFL foundation students' vocabulary acquisition at Rustaq College of Education, Oman. *Arab World English Journal (AWEJ) Special Issue on CALL*, (6).
12. Soetrisno, V. V. (2022). The effects of using digital learning tools on students' reading achievement and students' learning attitudes (Doctoral dissertation, Widya Mandala Surabaya Catholic University).
13. Basuki, Y., & Hidayati, Y. (2019, April). Kahoot! or Quizizz: The students' perspectives. In *Proceedings of the 3rd English Language and Literature International Conference (ELLiC)*, pp. 202-211.
14. Oleksyuk V. P. (2016) "Designing of university cloud infrastructure based on Apache Cloudstack", *ITLT*, vol. 54, no. 4, pp. 153–164.

VIRTUAL SIMULATORS FOR UAS OPERATORS' TRAINING

**Znakovska Y.¹, Averyanova Y.¹, Ostroumov I.¹, Zaliskyi M.¹, Holubnychyi O.¹,
Sushchenko O.¹, Pogurelskiy O.¹, Voliansky R.²**

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

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

Abstract. The aim of investigation is to consider the use of information technologies (IT) to create simulators to train different skills and gain theoretical knowledge when preparations of specialists in the field of UAS operations. The objective of the study is to analyze the educational methodic that allow to combine the conventional educational approaches and specially developed simulators and program to provide particular autonomy when training by choosing a convenient time for mastering particular topics and honing the skills. The developed simulators also allow to provide the possibility of self-control during the preparation for credit or exam. The object is Information Technologies in the educational process of preparing specialists in the field of UAS operations. The subject is Software Solutions for Higher Education in Aviation, particularly Unmanned Aircraft Operators. In this paper, we demonstrated and discussed how modern information technologies can be used in the educational process of preparing specialists in the field of UAS operations given real examples of IT products.

Keywords: Computer Sciences, Aviation, Air Navigation, Unmanned Aircraft, Unmanned Aircraft System, Drone Operator, Education, Skills, Development.

Introduction. The developments in Technologies including Internet Technologies and Computer Sciences during the last decades have formed the basis for promising and qualitative shifts in educational approaches [1]. This was also facilitated by the world transformation and growth in distance education [2]. This, in turn, is featured by the wide use of devices including personal computers, and smartphones. The transformation and technological achievements also affect the aviation specialist's preparation [3].

Modern aviation is characterized by the growth of commercial flights, an increase in the diversity of tasks performed by aviation, wide implementation of unmanned aviation [4], and missions performed with unmanned aircraft [5]. Moreover, the modern unmanned aircraft is under rapid development now. The number of un-manned aircraft has increased, and the equipment of unmanned aircraft systems (UAS) has also developed and increased. Under such conditions, it becomes obvious that it is rather difficult to provide the diverse training of drone operators or specialists in the field of UAS operations using real samples of unmanned aircraft in real situations.

The purpose of the work. To analyze the use of information technologies (IT) as a part of blended method of education and the use of developed computer-based simulators to train different skills and gain theoretical knowledge when preparations of specialists in the field of UAS operations.

Formulation of the problem. It was our motivation to consider the use of information technologies (IT) to create simulators to train different skills and gain theoretical knowledge when preparations of specialists in the field of UAS operations. Our aim was also:

- to provide particular autonomy when training by choosing a convenient time for mastering particular topics and honing the skills;
- to provide the possibility of self-control during the preparation for credit or exam;
- to analyze the potentials of blended educational approaches based on the conventional educational methods and specially developed simulators and computer programs.

IT for Decision-making support. Decision-making support when UAS flight planning in different weather conditions. Some factors that can cause a hazardous or risky situation during the UAS flight are the weather and weather-related phenomena. The UAS operators should understand the fundamentals of weather theory, and understand the hazards connected with significant weather phenomena that influence unmanned aircraft flight and mission realization. The stage of flight planning is connected with analyzing the range of information including information about current and forecasted weather. To help UAS operators in their decision-making a computer program that assesses the potential risks connected with weather-related hazards was developed [6] and can be used for educational purposes [7]. The program on the one hand helps in decision-making. On the other hand, it encourages students to analyze the weather conditions to understand how they influence the particular flight and mission. The example of a program interface with the recommendation to perform flight and mission is shown in Fig.1.

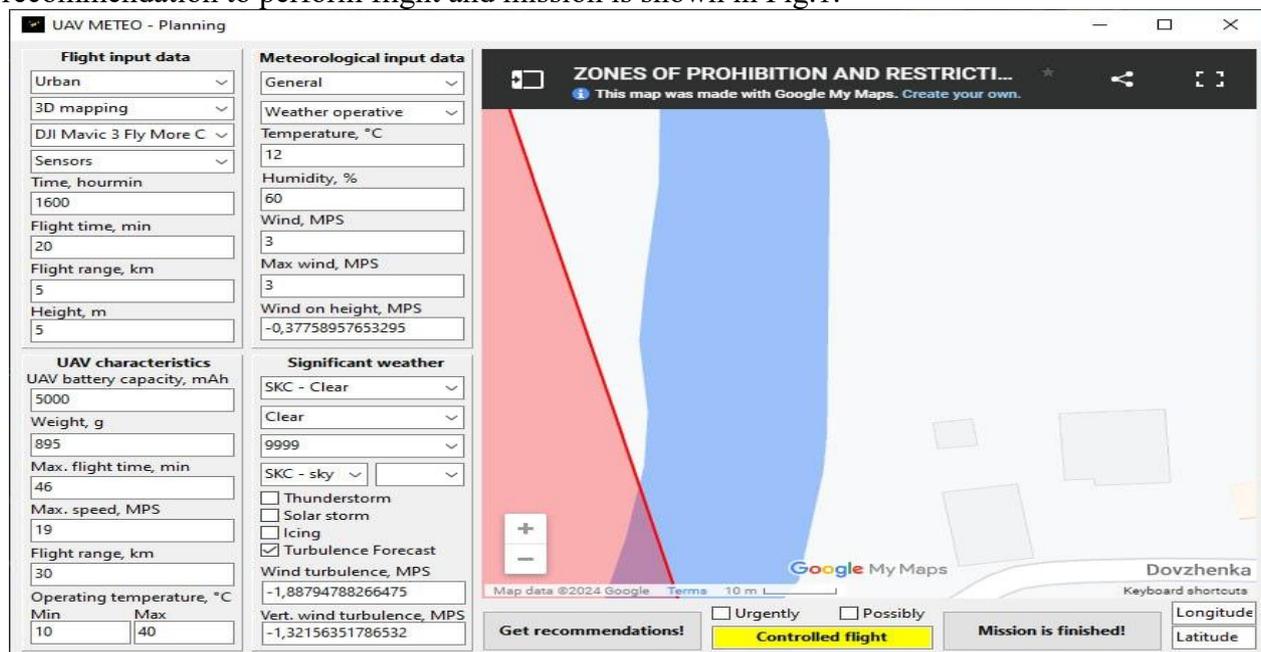


Fig. 1. UAV METEO program interface

Conclusion. In this paper, we demonstrated how modern information technologies can be used in the blended educational process of preparing specialists in the field of UAS operations. The considered examples reflect the need for distance education as well as allow for an increase in the level of autonomy during the educational process. Also, utilizing IT methods and products in the educational process gives the possibility to choose a convenient time for mastering particular topics as well as gaining important skills individually. The considered IT tools allow to provide the self-control of skills as well as the level of subject understanding, then, if required, to take the deeper training.

References

1. Babulak, E. The Next Generation of IT & Education. In: Third International Conference on Internet Technologies and Applications, pp.1-4. (2009).
2. Premium Papers. (2023, January 11). Technology's Impact on the New Generation. URL: <https://premium-papers.com/technologys-impact-on-the-new-generation/>.
3. Zilora, S.: Applying Aviation Training Techniques in the IT Classroom. In: SIGITE '21: The 22nd Annual Conference on Information Technology Education, pp. 135-140. (2021).
4. Future of Aviation. URL: <https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx>.
5. Mourtzis D., Angelopoulos J., Panopoulos N.: UAVs for Industrial Applications: Identifying Challenges and Opportunities from the Implementation Point of View. In: Procedia Manufacturing, vol. 55, pp. 183-1905. (2021).
6. Znakovska Y. and Averyanova Y.: The Software Architecture for Weather-Related Hazards Avoidance When Decision-Making Support of UAS Operators. In 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), pp. 501-505. Wrocław, Poland (2023).
7. Znakovska Y. and Averyanova Y.: Simulation of UAS Operator's Decision-Making under Different Weather Conditions. In: 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), pp. 1-4. IEEE, Kremenchuk, Ukraine (2022).

RESEARCH ON THE PROBLEMS OF BUILDING AN E-DEMOGRAPHY SYSTEM IN THE INNOVATIVE ENVIRONMENT OF SCIENCE AND EDUCATION

Fataliyev T., Verdiyeva N.

Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

Abstract. The widespread use of intelligent Industry 4.0 technologies has led to the emergence of new vectors of science and education, such as Science 4.0 and Education 4.0. At the same time, within their framework, there is also a significant transformation and integration of e-science and e-education, which are platforms for the formation of e-resources. The creation of a specialized e-demographic system capable of tracking demographic characteristics and supporting management decisions in such an integrated environment is extremely important from the point of view of building an effective management system. The article analyzes international experience in this area and discusses approaches to the formation of an e-demography system. In the presented work, architectural principles for constructing such a system are developed. At the same time, it is adopted as a subsystem of the “National e-demography system”.

Keywords: E-science, E-education, Integration of Science and Education, Industry 4.0, Science 4.0, Education 4.0, E-demography, E-environment.

Introduction. Demography as a field of science has been a data-driven discipline since its inception. On its basis, taking into account the constant development of methods and technologies for collecting, managing, and analyzing data, great progress has been made in the study of demographic processes. In turn, today's increasing availability of digital data is leading to extraordinary development in new demographic knowledge, leading to theoretical advances in demographic research.

The term demography refers to particular characteristics of a population. The word comes from the Greek words for “people” (*demos*) and “image” (*graphia*). Examples of demographic characteristics include age, race, gender, ethnicity, religion, income, education, homeownership, sexual orientation, marital status, family size, health and disability status, and psychiatric diagnosis [1].

In general, demography, as an interdisciplinary field of study, studies the patterns of events and processes occurring in the structure, distribution, migration, and dynamics of the population based on social, economic, cultural, biomedical, geographical, etc. factors. At the current stage of its development, a new area of research, the so-called digital demography, is being formed [2]. Situated at the intersection of the computational and demographic sciences, digital or computational demography broadly encompasses the study of the impact of digital technologies on demographic

outcomes and processes, as well as the use of new data sources and computational methods facilitated by technological advances. This direction has broad research opportunities in an innovative scientific and educational environment. Conducting demographic research based on large volumes of data collected in such a stable corporate e-environment, and solving existing problems based on the results obtained is distinguished by its relevance and creates ample opportunities for the development of science and education.

The purpose of the work. In the context of the integration of science and education on the Industry 4.0 platform, it is proposed to conduct research in the field of creating e-demography systems based on e-resources with demographic data and develop architectural principles for constructing such a system.

Formulation of the problem. Demographic research, traditionally conducted through surveys and statistical methods, is rapidly evolving as a result of the impact of innovative Industry 4.0 technologies. In this context, existing e-resources with demographic indicators in the innovative environment of science and education have become an excellent source of information for e-demography. Creating a system that integrates these e-resources and is capable of conducting demographic analysis on their basis is an urgent task, the study of which is proposed in this work.

Architectural principles of building e-demography system. It is well known that traditionally the main sources of demographic research are population censuses, surveys and administrative records. However, rapid developments in IT, as well as the vast opportunities provided by Industry 4.0 solutions, have led to the creation of an unprecedented number of new e-resources along with these data sources.

In recent years, one of the most relevant and intensively pursued scientific directions in the field of demographic research is the formation of a single object of research based on the integration of existing e-resources. There are numerous studies in this area, among which interesting is the creation of the “National e-demography system” based on a single state register on the e-government platform with the integration of existing state registries, databases, and portals [3]. It also suggests using a personal identification number (PIN) when linking demographic data. It should be noted that the principles of e-demography mentioned in this work can be used in the environment of integration of e-science and e-education [4]. In this context, the conceptual model for creating a specialized e-demography system for the corporate environment of science and education (S&E) is presented in Figure 1.

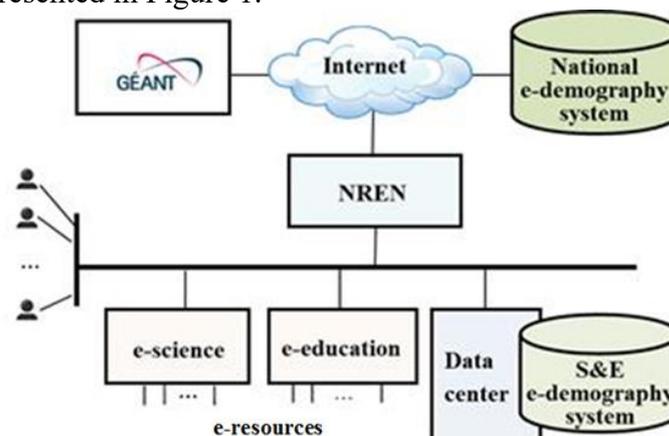


Fig. 1. Conceptual model of the S&E e-demography system

As can be seen from the figure, the system is physically located in the Data Center. It should be noted that its database is formed based on a unified register of demographic data. The creation of this registry is considered by integrating electronic resources with demographic indicators of individuals in the field of science and education available on e-science and e-education platforms. In system operation, the “National Research and Education Network” (NREN) platform is the main means of communication. The system is considered one of the main components of e-government and is considered a subsystem of the “National e-demography system”.

It should be noted that among the main demographic indicators available in e-resources for forming the database of the designed system, an important place is occupied by indicators related to persons working in this environment: scientists; teachers; students studying in primary, secondary and higher educational institutions and receiving academic degrees; as well as administrative staff.

Conclusion. Using the current solution of the e-demography system, it is possible to monitor and analyze demographic processes, identify problems propose possible solutions, and predict human resources and other opportunities in the context of the integration of science and education. Thus, effective management will be achieved through prompt support of management decisions. Given the relevance of the work, in the future, it is planned to continue research on the development and implementation of mechanisms for creating the proposed system.

References

1. Salkind N.J. Encyclopedia of research design. SAGE Publications, Thousand Oaks (2010).
2. Kashyap R., et al. Digital and Computational Demography. SocArXiv (2022).
3. Alguliyev R.M., Yusifov F.F. Architectural principles of building a national e-demographic system. *Problems of Information Society* 12 (1), P. 3-17 (2021). [in Azerbaijani].
4. Fataliyev T., Bayramov H., Mikayilova R. Analysis and new approaches to solving the problems of integration of e-science and e-education based on the challenges of Industry 4.0. In: *5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI 2023)*, P. 1-5. Baku, Azerbaijan (2023).

ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОСВІТНЬОГО МЕНЕДЖМЕНТУ УНІВЕРСИТЕТУ

Аширова А.В., Кожем'якін О.С.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Розглядається структура моделі інтегрованої інформаційної системи освітнього менеджменту університету в сучасних умовах цифровізації освіти. При розробці цієї моделі **освітній менеджмент розглянуто як** процес реалізації основних функцій управління з відповідними комунікаціями між усіма учасниками, що забезпечує ефективну та результативну підготовку здобувачів вищої освіти університету. Така система інтегрує декілька інформаційних систем освітнього менеджменту університету в єдину цілісну структуру з повним набором документації, політик, процедур і процесів, що дозволить оптимізувати процеси управління освітнім процесом, покращити оперативність роботи структурних підрозділів університету, стимулювати подальший розвиток технологій дистанційного навчання, покращити якість підготовки фахівців тощо.

Ключові слова: модель, інтеграція, інформаційна система, освітній менеджмент.

INTEGRATED INFORMATION SYSTEM OF EDUCATIONAL MANAGEMENT AT UNIVERSITY

Ashyrova A., Kozhemiakin O.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. This research considers the model structure of educational management integrated information system at HEI in modern conditions of digitalized education. When developing this model, educational management was considered as a process implementing the main management functions with appropriate communications between all participants, which ensures effective and efficient training of students at a HEI. This system integrates several information systems of the educational management at a university into a single integrated structure with a complete set of documentation, policies, procedures and processes, which will allow optimizing educational process management, improving the efficiency of the university's structural units, stimulating the enhancement of distance learning technologies, and improving the quality of specialist training.

Keywords: model, integration, information system, educational management.

Вступ. Розробка або впровадження в закладі вищої освіти єдиної інформаційної системи освітнього менеджменту зобов'язує розглядати його освітню діяльність як єдиний

простір, що поєднує декілька окремих різнофункціональних але взаємопов'язаних процесів. Серед таких процесів можливо виокремити, по перше, управління освітнім процесом, як найбільш важливий, оскільки, основною метою діяльності закладу вищої освіти є провадження освітньої діяльності, і складний, через його динамічність та багатозадачність, різновекторність, оскільки, потрібно одночасно забезпечувати функціонування багатьох структурних підрозділів та комунікації із зовнішніми структурами.

По друге, управління контентом освітніх компонентів освітніх програм, що є набагато більш масштабним (за обсягом та часом) процесом ніж попередній, оскільки передбачає участь усіх основних учасників освітнього процесу: викладачів та студентів. По третє, управління та планування ресурсів закладу вищої освіти: управління трудовими ресурсами, фінансовий менеджмент, господарська діяльність тощо.

Постановка задачі. Наявність зазначених процесів доводить необхідність поєднання в одну інтегровану інформаційну систему освітнього менеджменту закладу вищої освіти декількох систем: системи управління навчанням (LMS), системи управління навчальним контентом (LCMS), системи планування ресурсів (ERP) та системи електронного документообігу (DMS).

Створення такої системи достатньо складний процес, що включає етапи формування концепції, проектування, розробки, упровадження і супроводу. До того ж, будь-яка інформаційна система являє собою сукупність засобів і методів зберігання, реєстрації, передавання й перетворення інформації та одночасно з цим – комплекс програмних, технічних, інформаційних, лінгвістичних, організаційно-технологічних засобів, які сприятимуть вирішенню задач довідково-інформаційного обслуговування або інформаційного забезпечення її користувачів.

Метою даної роботи є побудова моделі інтегрованої інформаційної системи освітнього менеджменту університету, структуру якої можливо б було впровадити в будь-якому закладі вищої освіти для забезпечення ефективної та результативної підготовки здобувачів вищої освіти університету.

Основна частина. Модель інтегрованої інформаційної системи освітнього менеджменту університету (рис. 1) є подальшим розвитком моделі інформаційної системи управління освітньою діяльністю Черкаського державного технологічного університету [1-3]. Вона інтегрує в собі існуючі в університеті окремі інформаційні системи, що забезпечують відповідний окремий функціонал.

Наприклад, основними складовими запропонованої моделі в ЧДТУ є:

- 1 – Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності;
- 2 – Система підтримки дистанційного навчання на базі LMS MOOLE;
- 3 – сайт університету;
- 4 – сайти факультетів і кафедр;
- 5 – пакет програм Microsoft Office 365;
- 6 – окремі модулі системи «Політек-Софт»;
- 7 – Система електронного документообігу;
- 8 – Електронна бібліотечна система та репозитарій університету.

Кожна зі складових моделі має окремі відомі функціональні завдання і технічні можливості.

У моделі відокремлюються три класи користувачів:

A – адміністратори системи (забезпечують функціонування усіх компонентів інформаційної системи, керують основними інформаційними потоками і частково створюють освітній контент);

B – викладачі (створюють освітній контент і частково управляють окремими інформаційними потоками за підтримкою представників класу *A*);

C – здобувачі вищої освіти усіх рівнів вищої освіти (споживають освітній контент, не керують інформаційними потоками всередині системи).

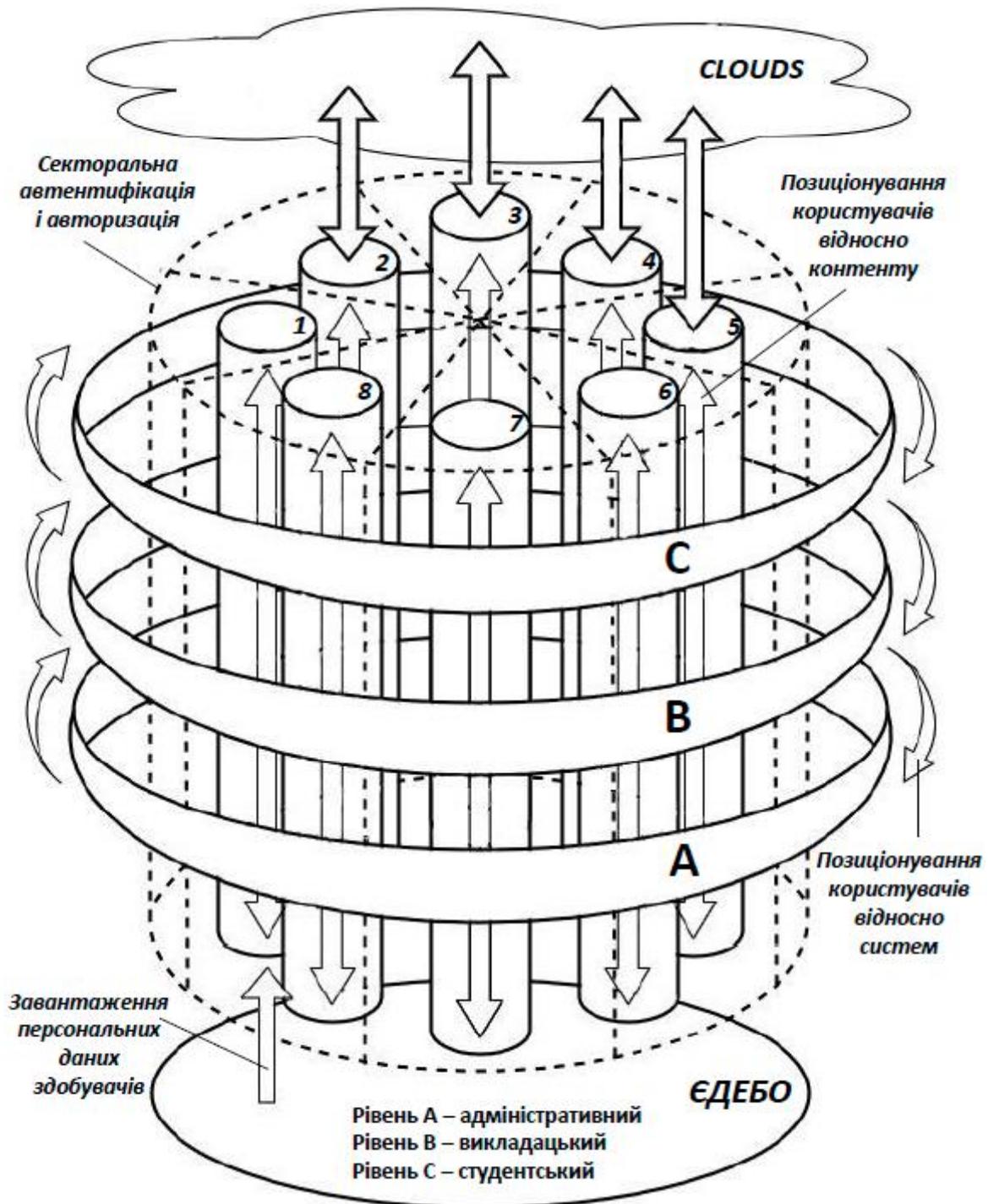


Рис. 1. Модель інтегрованої інформаційної системи освітнього менеджменту університету

Усі ці класи комунікують між собою через сервіси, що складають інформаційну систему та через окремі зовнішні ресурси, що не входять до складу цієї системи.

Представники цих класів мають можливість одночасно застосовувати в своїй освітній діяльності майже усі складові інформаційної системи, що підвищує ефективність використання освітніх ресурсів учасниками освітнього процесу.

Висновки. Поєднання в межах однієї моделі інформаційної системи декількох вже існуючих окремих компонентів (програмних комплексів, баз даних, хмарних сервісів) дає можливість ретельно дослідити усі алгоритми функціонування інтегрованої системи, інформаційні потоки (зв'язки між структурними елементами системи), які формують безпосередньо освітній процес, і управлінські аспекти без додаткових капіталовкладень. Це дозволить оптимізувати процеси освітнього менеджменту, зокрема, покращити оперативність роботи структурних підрозділів університету, стимулювати подальший розвиток технологій дистанційного навчання, зробити постійним доступ здобувачів вищої освіти до навчального контенту, систематизувати комунікацію між усіма учасниками освітнього процесу та, в підсумку, покращити якість підготовки фахівців з вищою освітою.

Список використаних джерел

1. Триус Ю.В., Заспа Г.О., Кожем'якін О.С., Аширова А.В. Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2020. №4. С. 27-38.
2. Аширова А.В., Капітан О.В., Кожем'якін О.С., Триус Ю.В. Модель студентоцентрованого інформаційного середовища університету. *Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення: зб. тез V Всеукраїнської науково-технічної конференції*, м. Житомир, 01-02 груд. 2022 р., Житомир, 2022. С. 289-291.
3. Аширова А.В., Кожем'якін О.С. Модель інформаційного середовища університету на принципах студентоцентрованого підходу. *Інформаційні технології в освіті, науці і виробництві (ІТОНВ-2023): зб. тез IX Міжнародної науково-практичної конференції з проблем вищої освіти і науки*, м. Луцьк, 25-26 трав. 2023 р., Луцьк, 2023. С. 234-238.

THE VIRTUAL PLATFORM COSPACES EDU AS A TOOL FOR THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF FUTURE ENGINEER-DESIGNERS

Borysenko D.

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The paper explores the peculiarities of using virtual educational platforms using the example of the online platform CoSpaces Edu in the study of "Innovative Technologies and Digitalization in the Field of Education". The foreign experience of using and the main directions of involving virtual platforms in the educational process and their combination with traditional teaching methods are analyzed. An analysis of the main capabilities of the online platform CoSpaces Edu for creating virtual educational environments during interaction with educational seekers is carried out. An overview of existing educational projects and an analysis of user interaction directions with the virtual environment are provided. The didactic and technical features of using the online platform CoSpaces Edu are considered, and the available functionality for creating various action scenarios is analyzed. Using the example of the mobile application CoSpaces Edu, the implementation of joint interaction of participants in educational groups within the framework of limited functionality is demonstrated.

Keywords: virtual environment; online platform, CoSpaces Edu, virtual platform.

Introduction. Modern technologies are advancing at an incredible pace. Sometimes, humanity fails to thoroughly explore new technical advancements in practical implementation. The development of virtual technologies over the past decade has significantly shifted from fantastical ideas to effective prototypes that are already in active use. Education is not exempt from innovative technologies, as they are being incorporated into the formation of modern educational content.

Virtual reality is making substantial changes to the education paradigm, but there is a problem with its insufficient utilization in the educational process itself. The popularization of this innovative direction, the peculiarities of developing informational content for it, and the expansion of experience in engaging with it are addressed in the works of V. Drakopoulos, P. Vlachos [1], G. Thomas, K. A. Adjei, M. J. Han [2], H. Shim, H. Lee [3], M. T. Garcia-Vela, K. P. Borja-Bernal, L. Horda-Bordehora, R. Medinaselli-Torres, S. Loaiza, D. A. Falkes, F. Chalvatz, I. Radu, T. Joya, I. Botta, Y. Bowman, B. Schneider, L. Morrison, J. Hughes, D. Whitley-Walters, J. Muhammad, F. Sanfilippo, T. Blazauskas, G. Salvietti, I. Ramos, S. Verta, J. Radianti, D. Oliveira, B. Kay, N. Han, E. Kim, Y. Park, S. Jo, and others.

The purpose of the work. Research on the use of virtual environment in higher education on the example of cospaces edu platform application and analysis of practical engagement of virtual projects for future engineer-designers training.

Formulation of the problem. The modernization of the educational process necessitates the exploration of innovative methods for interaction and the development of high-quality educational content. Despite the availability of resources for creating innovative educational products, there remains a gap in effectively integrating virtual technologies and modern learning environments, such as the CoSpaces Edu platform, into higher education.

Solving the problem. The modern development of the educational process demands the exploration of new forms of interaction and the development of higher-quality informational content. Deploying active engagement of virtual technologies and modern learning environments serves as a sort of "lifebuoy" in this direction. Every educator today has access to resources for developing innovative educational products, among which a significant place belongs to the CoSpaces Edu service [<https://www.cospaces.io>]. The uniqueness of this platform lies in its online interaction format, realized through the use of a web browser on computers and a mobile application on smartphones, as well as its openness to a wide audience. Additionally, the developers of this online platform disseminate information through popular social networks and demonstrate how simple tools can be used to create a wide range of educational tasks that learners will find engaging.

CoSpaces Edu is a modern, versatile tool for virtual technologies with great potential for enhancing the professional development of future engineer-designers. This service offers an expanded functionality for teaching and fostering creativity in engineering and design fields. It allows for the development of virtual scenes and interaction with them, creation of unique activity models, and virtual tours. By developing simple simulations and interacting with them, learners conduct research, experiments, thoroughly study elements and mechanisms of technological equipment, propose their own ideas for new modern models, and analyze prototypes in various conditions. The main advantage of using CoSpaces Edu lies in the realization of one's own ideas in virtual space, creating simulations, and organizing collaborative work on creative projects. Equally important is the ability to integrate multimedia resources, develop immersive products, and showcase one's achievements.

The analysis of virtual learning practices, research on existing projects, and practical engagement within the course "Innovative Technologies and Digitalization in the Field" allowed for identifying a unique "recipe" for effective development, which includes: anticipating future technical challenges and considering them ahead of each implementation; using simple practical actions that are the most effective and integral to more comprehensive models; collaborating with online manufacturers and utilizing available free virtual tool resources to expand access to all interested parties and in education. Moreover, the research allowed for the formulation of didactic and technical recommendations for building different thematic scenes and levels of complexity for participants in educational projects, stimulating their activity.

Virtual learning environments are undoubtedly the future of the educational process, which has already arrived and is actively being implemented. From initial amazement with new forms of

interaction to practical mastery of resources that are cross-platform and constantly updated, these are modern realities that must be implemented at a professional level to form a sustainable innovative educational environment for content and change the perception of learners as users of this content towards becoming its creators.

Conclusion. Every day, we witness the emergence of innovative tools, approaches, new technologies, and directions that fundamentally change our perceptions of modern education. CoSpaces Edu serves as an example to highlight important characteristics of modern digital tools – accessibility and openness, boundless possibilities for transformation and updates, simulations, and scenario development. Target orientation, integration with other resources, feedback, and interactive scenarios are not an exhaustive list of CoSpaces Edu's capabilities, which continue to expand and provide new vectors for development.

References

1. Drakopoulos V., Vlasios P., Enhancing Primary School Teaching through Virtual Reality, *Journal Computer of Science Research*, Volume3, Issue 2, p. 11-18, 2021. URL: <https://www.academia.edu/download/89547504/pdf.pdf>.
2. Thomas G., Role of Artificial Intelligence and Augmented Reality in Modern Education, *Managing Technology & Innovation in Teaching and Learning*, p. 63-66, 2022. URL: https://www.academia.edu/download/88358252/New_E_book_Managing_Technology_Innovation_in_Teaching_and_Learning.pdf#page=64.
3. Aji C. A., Khan M. J., (2022, August). "Challenges and Opportunities for Virtual Reality in Higher Education", *ASEE Annual Conference & Exposition*, 2022. URL: <https://peer.asee.org/41776.pdf>.
4. Shim H., , Lee H., "The effect of design education using virtual reality-based coding on student competence and educational satisfaction", *Education and Information Technologies*, 27(4), p. 4577-4597, 2022. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10730-w>.
5. Aji C. A., Khan M. J., Virtual Reality Lessons in Undergraduate Introductory STEM Courses, *American Society for Engineering Education*, 2022. URL: <https://zoneivfiles.azurewebsites.net/papers/35863.pdf>.

ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДЕО-УРОКІВ У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ТА СПЕЦІАЛЬНА ФІЗИЧНА ПІДГОТОВКА» ДЛЯ КУРСАНТІВ ІВМС НУ «ОМА»

Ворона В.В.¹, Бобчинець О.О.², Зімбіцький Р.Ф.¹

¹Інститут Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія», Одеса, Україна

²Національний університет оборони України, Київ, Україна

Анотація. COVID-19 та повномасштабне вторгнення росії на територію України задало нові тенденції для всього освітнього процесу. Регулярні повітряні тривоги, які виникають під час занять, впливають на неповний об'єм проходження курсантами всього необхідного матеріалу. Тому, авторами роботи було вирішено впровадити відео-уроки до начального процесу. Об'єктом дослідження є фізична підготовка курсантів I-IV курсів ІВМС НУ «ОМА». Предмет дослідження – вплив відео-уроків на результати засвоєння курсантами навчального матеріалу. У роботі наведено умови використання відео-уроків курсантів та первинні результати експериментального дослідження. Авторами використано методи статистичної та анкетної обробки, а також графічні методи для обробки інформації. Отже, отримані результати, показали, що у курсантів дійсно підвищився рівень засвоєності навчального матеріалу з теоретичної точки зору, але є й негативний вплив на правильне виконання практичної складової, що буде досліджено у майбутньому.

Ключові слова: фізична підготовка, відео-уроки, курсанти ІВМС НУ «ОМА».

VIDEO LESSONS IMPLEMENTATION TO THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE DISCIPLINE «PHYSICAL EDUCATION AND SPECIAL PHYSICAL TRAINING» FOR CADETS OF THE INF NU «OMA»

Vorona V.¹, Bobchynets O.², Zimbitykyi R.¹

¹Institute of the Naval Forces of the National University "Odesa Maritime Academy", Odesa, Ukraine

²National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. COVID-19 and Russia's full-scale invasion of Ukraine have set new trends for the entire educational process. Regular air alerts that occur during classes affect the incomplete coverage of all the necessary material by cadets. Therefore, the authors decided to introduce video-lessons into the initial process. The object of the study is the first- and fourth-year cadets of the INF of the National University "OMA". The subject of the study is the impact of video-lessons on the results of cadets' learning. The paper presents the conditions of using video-lessons by cadets and the primary results of the experimental study. The authors used statistical and questionnaire processing methods and graphical methods to process information. Thus, the results obtained have shown that the cadets have indeed increased the learning of educational material from a theoretical point of view, but there is also a negative impact on the correct implementation of the practical component, which will be investigated in the future.

Keywords: physical training, video lessons, independent training, cadets.

Виклад основного матеріалу. Ситуація, що склалась наразі в системі освіти в Україні після пандемії COVID-19 та повномасштабного вторгнення росії до України, спонукає викладачів ІВМС НУ «ОМА» до впровадження різноманітних інтерактивних методів навчання. Повітряні тривоги впливають на зриви занять, тому було вирішено, задля проходження повного курсу навчальної дисципліни «Фізичне виховання та спеціальна фізична підготовка», впровадити в навчальний процес I-IV курсів – відео-уроки. З цією метою викладачами ІВМС НУ «ОМА» було знято необхідний матеріал з тем, які передбачені робочою програмою дисципліни «Фізичне виховання та спеціальна фізична підготовка», у формі відео-уроків для подальшого ознайомлення курсантів.

Метою роботи є підвищення рівня засвоювання навчального матеріалу серед курсантів I-IV курсів ІВМС НУ «ОМА» шляхом перегляду відеоматеріалів.

Фізичне виховання відіграє важливу роль у підвищенні рівня фізичної підготовленості та покращенні стану здоров'я курсантів [1]. Авторами [2-3], було встановлено, що дистанційне навчання фізичній підготовці надає змогу реалізувати права людини на отримання інформації та безперервної освіти, долати недоліки традиційних форм освіти, а використання інформаційних технологій позитивно впливає на освітньо-виховний процес у закладах вищої освіти завдяки змінам схеми передавання знань та методів навчання. Авторами було створено електронний навчальний курс «Фізичне виховання та спеціальна фізична підготовка» на платформі Google Classroom, який використовується для ознайомлення курсантів із навчальними матеріалами теоретичного характеру. Також авторами було додано до електронного навчального курсу відповідні відео-уроки. У разі зриву навчального заняття (якщо повітряна тривога триває більше за 40 хвилин академічного заняття) курсантам необхідно передивитись на платформі Google Classroom, заняття з необхідної тематики, в кінці яких є контрольні питання або вправи, що будуть перевірятись викладачами на наступному занятті.

Структура відео-уроку розроблена відповідно до робочої програми та планів занять викладачів кафедри фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту ІВМС НУ «ОМА». На рис. 1 представлено скріншот одного з відео-уроків.



Рис. 1. Скріншот відео-уроку з навчальної дисципліни «Фізичне виховання та спеціальна фізична підготовка» розробленого для курсантів ІВМС НУ «ОМА»

Дана практика була впроваджена з початку 2023-2024 навчального року. Для розуміння дієвості впроваджених відео-уроків у навчальний процес авторами на початку вересня 2023 року було проведено перевірку рівня теоретичних знань згідно до розроблених на кафедрі фізичного виховання, спеціальної фізичної підготовки і спорту тестів, які є в електронному класі. Аналогічна процедура була проведена по завершенню першого семестру 2023-2024 навчального року в грудні 2023 року.

Висновки. За досить короткий термін використання відеоматеріалів, авторами було встановлено, що теоретичний базис курсантів підвищився на 4,5 %, але правильність виконання вправ, з технічної точки зору, залишилась на тому самому рівні. Отже, автори дослідження в своїй подальшій роботі будуть робити акцент саме на правильності виконання вправ. Також, було вирішено додати до кожного відео-уроку, методичний конспект, в якому буде надана анатомічна інформація, а саме: яка м'язи задіяна при кожному виконанні вправи, технічна інструкція виконання вправи та ін.

Список використаних джерел

1. Бойко, Ю. С., Л. С. Соколенко, і Ю. М. Танасійчук. «Інтеграція новітніх методик викладання фізичного виховання в закладах вищої освіти України з використанням технологій для дистанційного навчання». Академічні візії, вип. 20, Червень 2023.
2. Попрошаєв О. В., Мунтян В. С., Гоєнко М. І. Особливості організації процесу дистанційного навчання з фізичного виховання. Науково-методичні основи використання інформаційних технологій в галузі фізичної культури та спорту. 2020. № 4. С.70–75.
3. Ваколюк А., Шелюк В., Симонович Н. Інноваційні технології у системі фізичного виховання здобувачів вищої освіти. Інноватика у вихованні. 2021. №14. С.128–134. DOI:https://doi.org/10.35619/iuu.v1i14.431

ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ СОЦІОНОМІЧНИХ ПРОФЕСІЙ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гребінь-Крушельницька Н.Ю.¹, Калугін Р.Ю.², Краснощок А.В.³, Лов'янова І.В.²

¹Національна академія внутрішніх справ, Київ, Україна

²Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна

³КННІ Донецького державного університету внутрішніх справ, Кривий Ріг, Україна

Анотація. У дослідженні проаналізовано актуальність компетентнісного підходу до підготовки фахівців соціономічних професій в умовах цифровізації суспільства. У статті представлений дедуктивний контент-аналіз публікацій за останні 3-4 роки в рецензованих журналах для здійснення систематизації сучасних підходів зарубіжних і вітчизняних науковців до вирішення проблеми формування цифрової компетентності. Виявлено, що в переважній більшості наукові

розвідки стосуються окремих питань цифровізації діяльності сучасних фахівців, як-от педагогів, психологів, правоохоронців тощо. Проведений бібліометричний аналіз наукових джерел за ключовими словами “digital competence” та “professional training” дав змогу отримати комплексне уявлення про формування такого особистісного утворення як “digital competence” саме через освітній процес. Є підстави зробити висновок про доцільність запровадження компетентнісного підходу до підготовки фахівців соціономічних професій, який має ґрунтуватися на узагальненні підходів до представників груп споріднених професій.

Ключові слова: інформаційне суспільство, цифрова компетентність, фахівці соціономічних професій, компетентнісний підхід.

FORMATION OF DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS IN SOCIONOMIC PROFESSIONS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Hrebin-Krushelnytska N.¹, Kalugin R.², Krasnoshchok A.³, Lovianova I.³

¹National Academy of Internal Affairs, Kyiv, Ukraine

²Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

³Kryvyi Rih Educational and Scientific Institute, Donetsk State University of Internal Affairs, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. The study analyzed the relevance of the competency-based approach to the training of specialists in socio-economic professions in the conditions of digitalization of society. The article presents a deductive content analysis of publications over the past 3-4 years in peer-reviewed journals to systematize modern approaches of foreign and domestic scientists to solving the problem of digital competence formation. It was found that the vast majority of scientific intelligence concerns specific issues of digitization of the activities of modern specialists, such as teachers, psychologists, law enforcement officers, etc. The bibliometric analysis of scientific sources based on the keywords “digital competence” and “professional training” allowed us to obtain a comprehensive view of the formation of such personal formation as “digital competence” precisely through the educational process. There are reasons to conclude about the expediency of introducing a competency-based approach to the training of specialists in socio-economic professions, which should be based on the generalization of approaches to representatives of groups of related professions.

Keywords: information society, digital competence, specialists in socio-economic professions, pedagogical problem, competence approach.

Вступ. Підготовка фахівців різних груп професій в умовах інформаційно-технологічного суспільства потребує реалізації компетентнісного підходу з метою підготовки кваліфікованих компетентних спеціалістів відповідної галузі.

Мета роботи. Отримати комплексне уявлення про формування такого особистісного утворення як “digital competence” майбутніх фахівців соціономічних професій через освітній процес.

Постановка проблеми. Професії соціономічного типу пов’язані з навчанням та вихованням (учитель, вихователь, гувернер тощо); наданням соціальної, соціально-педагогічної чи психологічної допомоги (соціальний працівник, соціальний педагог, психолог); з медичним обслуговуванням (лікар, медсестра); з наданням правової допомоги (юрист) тощо [1]. Актуальним є вирішення питання про підготовку компетентного фахівця групи професій типу «людина-людина» в умовах цифровізації суспільства.

Основна частина. Варто відзначити роль міжнародних наукових форумів у дослідженні проблем цифровізації суспільства, наявність рецензованих наукових журналів, які дають змогу досліджувати шляхи розвитку цифрових технологій та їх впровадження, актуальні і перспективні проблеми сучасної педагогічної науки. Методом дослідження для здійснення систематизації сучасних підходів ми обрали дедуктивний контент-аналіз публікацій за останні 3-4 роки в рецензованих журналах, де оприлюднюються власні дослідження як зарубіжні, так і вітчизняні науковці, та бібліометричний аналіз джерел в базі Scopus за ключовими словами. Проведений аналіз засвідчив, що в публікаціях науковців

порушуються певні аспекти проблеми: як такі, що стосуються освіти загалом, так і присвячені висвітленню проблеми на рівні підготовки фахівців певного профілю. Зокрема, порушуються питання цифровізації освіти у дискурсі підготовки фахівців соціономічних професій. Автори досліджень наголошують:

– на проблемі розробки концептуальних засад підготовки фахівців до професійної діяльності із застосуванням цифрових технологій;

– на нагальній потребі перегляду змісту та засобів формування цифрової компетентності випускників задля вирішення професійних завдань та професійного саморозвитку;

– на дослідженні особливостей, змісту та структури готовності майбутніх фахівців соціономічної сфери до застосування цифрових технологій у професійній діяльності;

– на питаннях цифровізації професійної й особистісної життєдіяльності сучасного фахівця соціономічної сфери.

Приступаючи до бібліометричного аналізу джерел задля визначення проблемного поля, ми ознайомилися з напрацюваннями [2], що дало змогу визначитися зі стратегією пошуку джерел для аналізу. Бібліометричний аналіз за ключовими словами “digital competence” та “professional training” дозволив виокремити 181 документ, в яких кластеризація ключових слів відбулася за групами «психолого-педагогічні питання освіти різних вікових груп» та «цифровізація освітнього процесу». Ключовим словом, що пов’язує кластери, виявилось слово “education”.

Висновки. Проведене дослідження засвідчило, що наявні наукові розвідки стосуються окремих питань цифровізації професійної підготовки педагогів, психологів, правоохоронців, соціальних працівників тощо. Проте варто відмітити відсутність досліджень, в яких розробляється система формування цифрової компетентності фахівців кількох споріднених професій. Отримані результати бібліометричного аналізу підтверджують, що саме через освіту відбувається формування цифрової компетентності фахівця в будь-якій професійній сфері. У перспективі вбачаємо можливість дослідження умов організації освітнього процесу, спрямованого на формування цифрової компетентності представників груп соціономічних професій.

Список використаних джерел

1. Кузан Г. Професійна підготовка фахівців соціономічних професій у вимірі сучасних вимог і реалій. *Молодь і ринок*. 2018. №10(165). С. 68–73.
2. Fadieieva, L. O. (2023). Adaptive learning concept selection: a bibliometric review of scholarly literature from 2011 to 2019. *Educational Dimension*. <https://doi.org/10.31812/ed.643>

УДОСКОНАЛЕННЯ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ МАРКЕТОЛОГІВ ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «BAS. РОЗДРІБНА ТОРГІВЛЯ»

Дивак В.В., Козлов В.В., Томашевська Т.В.

Державний торговельно-економічний університет, Київ, Україна

Анотація. У дослідженні наведені підсумки педагогічного експерименту з удосконалення фахової підготовки майбутніх маркетологів засобами інформаційної системи «BAS. Роздрібна торгівля». Дослідження проведено на базі Державного торговельно-економічного університету зі студентами спеціальності 075 «Маркетинг» освітньої програми «Маркетинг» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Мета експерименту – набуття знань і вмінь успішного розв’язання майбутніми маркетологами складних завдань фінансово-господарської діяльності. Об’єктом дослідження є процес фахової підготовки майбутніх маркетологів у закладах вищої освіти. Предметом дослідження є технологія навчання майбутніх маркетологів з використанням інформаційної системи «BAS. Роздрібна торгівля». Дослідження проведено із застосуванням методів теоретичного узагальнення та моделювання, констатуючого та формуючого експериментів.

Практичне значення проведеного дослідження полягає у розробці та впровадженні авторських методичних рекомендацій до проведення практичних занять з дисципліни «Інформаційні системи в ритейлі». Результат діагностичних зрізів знань показав наявність позитивної динаміки у зростанні рівня фахової підготовки майбутніх маркетологів в експериментальних групах, що свідчить про ефективність впровадження технології навчання майбутніх маркетологів з використанням інформаційної системи «BAS. Роздрібна торгівля».

Ключові слова: інформаційна система; система «BAS. Роздрібна торгівля»; фахова підготовка майбутніх маркетологів; технологія навчання; заклад вищої освіти.

IMPROVING PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE MARKETERS USING THE INFORMATION SYSTEM “BAS.RETAIL”

Dyvak V., Kozlov V., Tomashevskaya T.

State University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

Abstract. The study presents the results of a pedagogical experiment on improving the professional training of future marketers using the information system "BAS. Retail trade". The research was conducted on the basis of the State University of Trade and Economics with students of specialty 075 "Marketing" of the educational program "Marketing" of the first (bachelor's) level of higher education. The purpose of the experiment is to acquire knowledge and skills for successful solving of complex tasks of financial and economic activity by future marketers. The object of the research is the process of professional training of future marketers in institutions of higher education. The subject of the study is the technology of training future marketers using the information system "BAS. Retail trade". The research was conducted using the methods of theoretical generalization and modeling, ascertaining and formative experiments. The practical significance of the conducted research lies in the development and implementation of the author's methodical recommendations for conducting practical classes in the discipline "Information systems in retail". The result of diagnostic slices of knowledge showed the presence of positive dynamics in the growth of the level of professional training of future marketers in the experimental groups, which indicates the effectiveness of the implementation of the technology of training future marketers using the information system "BAS. Retail trade".

Keywords: information system; system "BAS. Retail trade"; professional training of future marketers; learning technology; institution of higher education.

Виклад основного матеріалу. Аналіз науково-методичних праць у галузі професійної підготовки майбутніх маркетологів свідчить, що моделювання професійної підготовки майбутніх маркетологів здійснюється на основі компетентнісного підходу та її складових [1]; компетентностей, якими повинен володіти маркетолог для ефективної професійної діяльності [2, 3]; необхідності застосування інформаційних систем (зокрема спеціалізованого програмного забезпечення) [4] у професійній підготовці майбутніх маркетологів; інтернету, соціальних мереж, мобільних програм та інших цифрових комунікаційних технологій [5].

Мета дослідження полягає в удосконаленні фахової підготовки майбутніх маркетологів засобами інформаційної системи «BAS. Роздрібна торгівля».

Експериментальна робота з удосконалення фахової підготовки майбутніх маркетологів засобами інформаційної системи складалася з констатуючої та формульованої частини.

Дослідження передбачало вирішення таких завдань: 1) вибір інформаційної системи, необхідної для прийняття та імплементації маркетингових управлінських рішень; 2) опис технології навчання майбутніх маркетологів; 3) перевірка ефективності розробленої технології.

На першому етапі дослідження обґрунтовано його актуальність та визначено завдання, а також розроблено й теоретично обґрунтовано технологію навчання майбутніх маркетологів з використанням інформаційної системи. На другому етапі проведено педагогічний експеримент із впровадження розробленої технології навчання, що передбачав

впровадження у зміст фахової підготовки майбутніх маркетологів авторських методичних рекомендацій до проведення практичних занять з дисципліни «Інформаційні системи в ритейлі». На третьому етапі здійснено кількісний і якісний аналіз результатів педагогічного експерименту.

Висновки. 1. Впровадження технології навчання майбутніх маркетологів з використанням інформаційної системи сприяло удосконаленню фахової підготовки майбутніх маркетологів, мотивувало їх до здійснення ефективного управління маркетинговою діяльністю підприємства. 2. Проведене дослідження не вичерпує всіх питань удосконалення фахової підготовки майбутніх маркетологів. Результати дослідження можуть бути використані у системі вищої освіти для удосконалення фахової підготовки студентів спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» освітньої програми «Категорійний менеджмент у роздрібній торгівлі» другого (магістерського) рівня вищої освіти та при розробці змісту навчальних курсів економічного напрямку у вищій освіті.

Список використаних джерел

1. Л. М. Іваненко, О. Ю. Боєнко, Розробка моделі професійної підготовки фахівців-маркетологів на основі компетентнісного підходу. БізнесІнформ, №5, с. 492-502, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.20433.56166.
2. Walker, Y. Tsarenko, P. Wagstaff, I. H. Powell, The Development of Competent Marketing Professionals, Journal of Marketing Education 31(3), 2009, pp. 253-263 DOI:10.1177/0273475309345197
3. R. B. Galeeva, Marketing Specialists' Professional Activities Model As A Foundation For Training Content Design, Procedia-Social and Behavioral Sciences, vol.191, pp. 1528-1537, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.708>
4. R. R. Harmon, Marketing information system, Portland State University: Encyclopedia of Information Systems, vol. 3, pp. 35-41, 2003. doi.org/10.1016/B0-12-227240-4/00110-6.
5. Y. K. Dwivedi, E. Ismagilova, D. L. Hughes, J. Carlson, R. Filieri, J. Jacobson, Setting the future of digital and social media marketing research: Perspectives and research propositions, International Journal of Information Management, 59, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102168>

АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ПОРУШЕННЯМ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Доренський О. П.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна

Анотація. Невід'ємним фактором ефективності освітнього процесу (навчання, наукової діяльності) в ЗВО є дотримання правил академічної доброчесності, визначених законом і етичними нормами академічної спільноти. Зокрема, в українській формальній освіті майже всі стандарти вищої освіти встановлюють обов'язок забезпечення відсутності у кваліфікаційних роботах таких порушень академічної доброчесності, як академічний плагіат, фальсифікація, фабрикація. Тож, згідно з вимогами Критеріїв якості вищої освіти, українські ЗВО використовують відповідні засоби протидії порушенням академічної доброчесності: «Unicheck», «Plag», «StrikePlagiarism», «Viper», «AntiPlagiarism.NET», «Advego Plagiatus», «Turnitin», «Grammarly Plagiarism Checker», «Copyscape». Це дослідження присвячене оцінюванню достатності їх функціональної спроможності у контексті виконання вимог стандартів вищої освіти.

Ключові слова: технологічні рішення, академічна доброчесність, плагіат, фабрикація, фальсифікація.

ANALYTICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL CAPACITY OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PREVENTING ACADEMIC INTEGRITY VIOLATIONS

Dorenskyi O.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Abstract. Abstract. An integral factor in the effectiveness of the educational process (i.e. learning, scientific activity) in institutions of higher education is a compliance with the academic integrity rules, established by law and ethical standards of the academic community. In particular, in Ukrainian formal education almost all higher education standards establish the obligation to ensure that qualifying paperworks don't have any signs of academic integrity violations, such as academic plagiarism, falsification, and fabrication. Therefore, in accordance with the Quality Criteria of Higher Education requirements, Ukrainian higher education institutions implement appropriate tools in order to eliminate academic integrity violations: Unicheck, Plag, StrikePlagiarism, Viper, AntiPlagiarism.NET, Advego Plagiatus, Turnitin, Grammarly Plagiarism Checker, Copyscape. The goal of this research is to assess whether functional capacity of these tools is sufficient for fulfilling the requirements of higher education standards.

Keywords: technological solution, academic integrity, plagiarism, fabrication, falsification.

Вступ. Якість освітнього процесу прямо співвідноситься з рівнем життя і добробуту людини, розвитку суспільства, економічної потужності держави [1]. Водночас, ключовим фактором і невід'ємною складовою якості формальної освіти є академічна доброчесність, а вимоги до якості освітнього процесу визначають стандарти вищої освіти. Водночас, [2] встановлює обов'язок виконання всіма учасниками освітнього процесу правил академічної доброчесності, а підкритерій 5.4 Критеріїв якості [3] – використання ЗВО відповідних технологічних рішень як інструментів протидії порушенням академічної доброчесності.

Мета роботи – є оцінювання функціональної спроможності технологічних рішень - засобів виявлення порушень академічної доброчесності у контексті вимог стандартів вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. Аналіз стандартів вищої освіти [4] показав, що, серед іншого, встановлена вимога забезпечення відсутності у кваліфікаційних роботах здобувачів вищої освіти академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації. Отже, внутрішні системи забезпечення якості освіти (ВСЯО) ЗВО повинні бути спроможні забезпечити виявлення цих порушень академічної доброчесності, передбачених, зокрема, і Законом [2]. При цьому відповідно до вимог [3], слід також застосовувати технологічні рішення - засоби виявлення порушень академічної доброчесності.

За результатами аналізу запроваджених в українських ЗВО правил і процедур виявлення порушень академічної доброчесності (зазвичай, це – локальні нормативні документи на кшталт Положення про перевірку наукових, навчально-методичних та кваліфікаційних робіт) та досліджень [5, 6] використовуються, як правило, «Unicheck», «Plag», «StrikePlagiarism», «Viper», «AntiPlagiarism.NET», «Advego Plagiatus», «Turnitin», «Plagiarism Checker», «Copyscape». Водночас, як показує практика, найчастіше відсутність академпорушень «встановлюється» на підставі звіту про аналіз е-документу, який формує програмний засіб (наприклад, згідно з пунктами 2.2, 2.4–2.5 Положення [7], умовою «відсутності» академічного плагіату є «встановлення факту відсутності текстових та інших запозичень» і «коректність посилань на першоджерело для текстових та/або ілюстративних запозичень»). Отже, що частина ВСЯО українських ЗВО контроль відсутності плагіату, фальсифікації й фабрикації «покладає» на означені технологічні рішення – програмні системи. За таких обставин є очевидною необхідність забезпечення ними функцій виявлення (розпізнавання) академічного плагіату, фальсифікації, фабрикації, дефініції яких сформульовані ч. 4 ст. 42 Закону України «Про освіту».

У дослідженні [5] представлені результати аналізу функцій поширених в Україні систем перевірки е-документів. Відповідно, виявлення текстових збігів, оцінювання

подібності (унікальності, оригінальності) тексту забезпечують всі розглянуті програмні засоби, онлайн-сервіси. Проте, в процесі аналізу е-документів жоден з них не розпізнає зміст тексту, графічні об'єкти (цифрові зображення); тобто виявлення академічного плагіату у контексті закону [2] не забезпечується, адже унікальність тексту не є ознакою відсутності порушення академічної доброчесності [2]. Наприклад, унікальний текст може містити (частково або повністю) наукові (творчі) результати, отримані іншими особами, а цифрове зображення – бути відтворенням об'єктів авторського права. Крім того, розпізнавання фабрикації та фальсифікації означені технологічні рішення не забезпечують («StrikePlagiarism» – частково).

Висновки. Отже, з результатів дослідження випливає, що існуючі на сьогодні технологічні рішення не є самодостатніми для забезпечення контролю і/або перевірки е-документів - праць здобувачів освіти на відсутність у них таких порушень академічної доброчесності, як академічний плагіат, фальсифікація, фабрикація. Тож, їх впровадження в освітній процес не є достатнім заходом для виконання вимог стандартів вищої освіти щодо академічної доброчесності; це – цифрова трансформація тільки одного з багатьох напрямів діяльності щодо протидії порушенням законодавства про освіту, авторське право та суміжні права, тобто забезпечення якості освіти.

Список використаних джерел

1. Доренський О.П. Методологічний аспект становлення академічної доброчесності як елемента культури українського суспільства. Академічна доброчесність : виклики сучасності. 2020. С. 35-38. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/e2c566ed-e66d-434a-85fe-8582862ab97b> (дата звернення: 09.04.2024).
2. Про освіту : Закон України від 5 вер. 2017 р. № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 09.04.2024).
3. Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти : затв. наказом М-ва освіти і науки України від 11 лип. 2019 р. № 977. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-19#Text> (дата звернення: 09.04.2024).
4. Затверджені стандарти вищої освіти. Міністерство освіти і науки України : вебсайт. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti> (дата звернення: 09.04.2024).
5. Доренський О.П., Горбенко К.О., Пеніна А.О., Чабан С.О. Результати дослідження технологічних рішень протидії порушенням академічної доброчесності. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 кві. 2024 р. К.: Видавничий центр КНУКіМ, 2024. 2 с. (Препринт Київ. нац. ун-т культури і мистецтв).
6. Вергун А., Наконечний А., Ягело С., Олексюк О., Вергун О. Антиплагіатні заходи та експертиза з позицій наукової комунікації та імплементації принципів академічної доброчесності. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології : наук. журн. № 3 (107). С. 98–111.
7. Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах : затв. наказом ВНТУ від 03.04.2020 № 95. URL: <https://vntu.edu.ua/uploads/2020/plag.pdf> (дата звернення: 09.04.2024).

КОНЦЕПЦІЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ (САМООЦІНЮВАННЯ) ГОТОВНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ ДО ВИКОРИСТАННЯ ШІ

Драч І.І., Петрос О.М., Бородієнко О.В., Регейло І.Ю., Слободянюк О.М.

Інститут вищої освіти Національної академії педагогічних наук України, Київ, Україна

Анотація. Штучний інтелект (ШІ) набуває все більшої популярності та практичного впровадження в сучасному світі. Актуальним у цьому контексті постає завдання безпечного та результативного використання ШІ в діяльності університетів на основі врахування його переваг і потенційних ризиків, а також ретельного аналізу його впливу. Метою дослідження є теоретико-методологічне обґрунтування та розробка концепції методики для оцінювання (самооцінювання) рівня готовності університетів до використання ШІ. Об'єктом дослідження є система

функціонування ШІ у діяльності університетів, а предметом – концепція методики оцінювання (самооцінювання) готовності університетів до безпечного і результативного використання ШІ. У дослідженні використано методи аналізу, синтезу, контент аналізу документів UNESCO, OESD, EU та наукових праць за темою ШІ. Методологічним підґрунтям для розробки концепції методики слугують теоретичні (концептуальні) та методичні (інструментальні) форми і методи соціологічного дослідження. У результаті дослідження запропонована концепція методики для оцінювання (самооцінювання) рівня готовності університетів до використання ШІ, питання якого структуровані в такі основні блоки: I. Профіль університету; II. Ключові напрями діяльності університету щодо впровадження ШІ; III. Технології ШІ за напрямками діяльності університету; IV. Принципи використання ШІ в університеті; V. Функції (завдання) університету щодо впровадження ШІ; VI. Індивідуальна готовність персоналу університету до використання ШІ; VII. Критерії оцінювання готовності університету до використання ШІ; VIII. Фази життєвого циклу системи ШІ університету. Застосування розробленої на основі даної концепції методики забезпечить об'єктивне оцінювання існуючої ситуації щодо застосування ШІ в університеті та сприятиме розробці дієвої політики (дорожньої карти) з формування в університеті простору безпечного та результативного використання ШІ.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), безпечне використання ШІ, університет, оцінювання (самооцінювання), концепція методики.

THE CONCEPT OF THE ASSESSMENT (SELF-ASSESSMENT) METHODOLOGY OF THE UNIVERSITY'S READINESS TO USE AI

Drach I., Petroye O., Borodiyenko O., Reheilo, I., Slobodianiuk O.

Institute of Higher Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. The burgeoning prominence and practical integration of Artificial Intelligence (AI) within contemporary society underscore the imperative to discern its judicious and secure utilization within academic spheres. In this context, the imperative arises to systematically evaluate the use of AI within university operations, navigating its inherent benefits and potential hazards through systematic analysis of its ramifications. The aim of the study is to provide theoretical and methodological groundwork for the formulation and refinement of a methodology designed to assess (self-assess) universities' readiness for AI adoption. The focal point of analysis is the operational framework of AI within university activities, while the principal focus pertains to conceptualizing the methodological approach for assessment (self-assessment) universities' readiness to employ AI securely and effectively. Methodologically, this research draws upon analytical, synthetic, and content analysis methodologies, leveraging UNESCO, OECD, EU directives, and pertinent scholarly literature on AI. Theoretical frameworks and methodological tools rooted in sociological inquiry furnish the groundwork for the development of assessment methodologies. Resultantly, a questionnaire-based approach is posited for assessing (self-assessing) universities' readiness for AI integration, categorized into distinct thematic domains: I. Institutional Profile; II. Strategic Initiatives for AI Integration; III. AI Applications across University activities; V. Principles Governing AI Implementation; VI. Staff Readiness for AI Utilization; VII. Evaluation Criteria for Assessing Readiness for AI Utilization; VIII. Lifecycle Phases of University AI Systems. The implementation of the methodology, developed on the basis of this concept, promises an objective appraisal of extant AI adoption within university settings, fostering the formulation of an indisputable policy framework (roadmap) conducive to the safe and efficient integration of AI within the academic environment.

Keywords. Artificial intelligence (AI), safe use of AI, university, evaluation methodology (self-evaluation), the concept of methodology.

Вступ. Технології штучного інтелекту (ШІ) мають значний потенціал для вирішення проблем вищої освіти, удосконалення управління університетами, впровадження інноваційних методів у педагогічні та дослідницькі практики, зміцнення дослідницького та освітнього потенціалу персоналу і студентів, прискорення прогресу в досягненні Цілей сталого розвитку 2030 та ін. Водночас, стрімкий розвиток технологій ШІ неминуче супроводжується численними ризиками та висуває вимоги до університетів щодо безпечного

і результативного використання технологій ШІ, дотримання прав і свобод людини, орієнтації ШІ на людину та ін. [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7].

Мета роботи - теоретико-методологічне обґрунтування та представлення концепції методики оцінювання (самооцінювання) університетами рівня їх готовності до безпечного та результативного використання ШІ з дотриманням міжнародних, європейських, національних стандартів, на основі врахування інституційної специфіки та стратегічних пріоритетів їх діяльності.

Постановка проблеми. Технологічний прогрес, всезагальне впровадження упродовж останніх років генеративних моделей штучного інтелекту та пов'язана із цим доступність сервісів з застосуванням штучного інтелекту (ChatGPT, ChatSonic, Chai, Writesonic, DeepL, Wordtune та ін.) спричинили вплив на велику кількість процесів і явищ у сфері вищої освіти, кардинально змінюючи діяльність університетів. Безпечне та результативне використання ШІ вимагає глибокого розуміння потенційних ризиків і переваг, а також ретельного аналізу його впливу. На думку експертів, майбутні системи штучного інтелекту будуть здатні до надзвичайно складної та креативної поведінки, що ще більше ускладнить їх використання [8]. Проте, як показують результати глобального опитування ЮНЕСКО (2023 р.), лише близько 13% університетів запроваджують регуляторні механізми щодо процесів проектування, розроблення та використання надійних систем ШІ [9]. За даними всеукраїнського опитування "Відкрита наука в закладах вищої освіти України", проведеного нами з 21 березня по 3 квітня 2023 року серед керівників ЗВО та керівників структурних підрозділів, науково-педагогічних і наукових працівників, працівників бібліотек, ІТ-працівників (всього 1500 респондентів) зі 105 ЗВО різних галузей знань, масштабів, форм власності, всіх регіонів України (окрім тимчасово-окупованих територій), університети України також мають доволі низький рівень готовності щодо використання ШІ. Близько 83,2% опитаних нами представників ЗВО не використовували системи штучного інтелекту у своїй діяльності. При цьому, результати опитування засвідчили суттєві відмінності у використанні ШІ представниками ЗВО різних галузей знань, регіонів, масштабів, форм власності та ін. Зокрема, частка представників ЗВО без досвіду використання ШІ варіює від 60% у ЗВО галузі «16 Хімічна інженерія та біоінженерія», 71,98% «12 Інформаційні технології», 93, 3% в галузі «02 Культура і мистецтво», 95,0% «19 Архітектура та будівництво» і аж до повної відсутності - 100 % у ЗВО галузей «23 Соціальна робота» та «24 Сфера обслуговування» [10].

Запропонована нами концепція методики передбачає застосування опитувальника для оцінювання (самооцінювання) рівня готовності університетів до використання ШІ. Концепція опитувальника, яка ґрунтується на методологічних підходах UNESCO до оцінювання готовності країн до використання ШІ [11] та аудиту ШІ у ЗВО [12], дозволяє врахувати інституційну (галузеву, регіональну, економічну та ін.) специфіку, а також індивідуальні особливості різних категорій персоналу кожного окремого університету в подальших процесах формування і реалізації політики з розбудови в університетах простору безпечного та результативного використання ШІ. Зміст опитувальника формують питання, логічно згруповані за ключовими блоками (рис. 1).

Висновки. Без належного інституційного регулювання технології ШІ безконтрольно впроваджуються в університетську діяльність з невизначеними результатами та можливими небажаними наслідками. Запропонована концепція методики оцінювання (самооцінювання) є дієвим інструментарієм, покликаним допомогти університетам визначити їх рівень готовності до безпечного та результативного використання ШІ з дотриманням міжнародних, європейських, національних стандартів, на основі врахування інституційної специфіки діяльності та стратегічних пріоритетів розвитку університету.

Застосування, розробленої на основі даної концепції, методики сприятиме як об'єктивному оцінюванню існуючої ситуації щодо застосування ШІ в університетах, так і розробленню дієвої інституційної політики (дорожньої карти) щодо безпечного та результативного його подальшого використання.

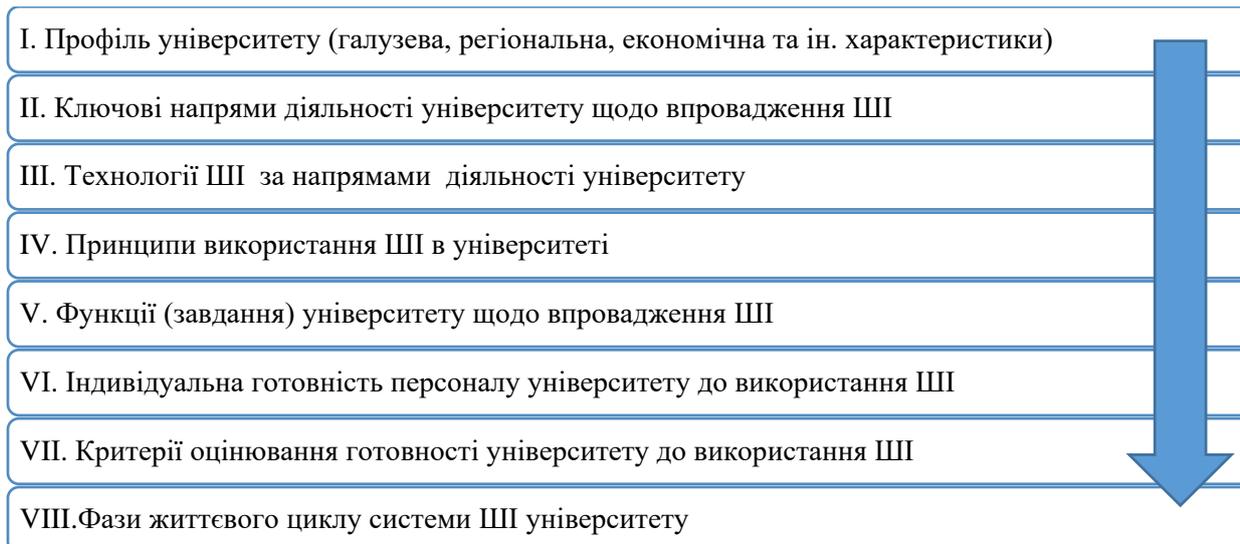


Рис. 1. Концепція методики оцінювання (самооцінювання) рівня готовності університету до використання ШІ

Список використаних джерел

1. Драч, І., Петроє, О., Бородієнко, О., Регейло, І., Базелюк, О., Базелюк, Н., & Слободянюк, О. (2023). Використання штучного інтелекту у вищій освіті. *International Scientific Journal of Universities and Leadership*, (15), 66-82. <https://doi.org/10.31874/2520-6702-2023-15-66-82>
2. *AI Act. (2024). Shaping Europe's digital future.* URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
3. *AI and education: guidance for policy-makers (2021).* UNESCO, 45 p. URL: ISBN 978-92-3-100447-6 <https://doi.org/10.54675/PCSP7350>
4. *EU Ethics Guidelines for Trustworthy AI.* URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
5. *European approach to artificial intelligence.* URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/european-approach-artificial-intelligence>
6. *OECD Principles on AI:* <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles>
7. *On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust (2020).* White Paper. Brussels, 19.2.2020 COM(2020) 65 final. URL: https://commission.europa.eu/document/download/d2ec4039-c5be-423a-81ef-b9e44e79825b_en?filename=commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf
8. *Weak-to-strong generalization.* OpenAI (2023). URL: <https://openai.com/research/weak-to-strong-generalization>
9. *UNESCO survey: Less than 10% of schools and universities have formal guidance on AI.* UNESCO, 2023. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-survey-less-10-schools-and-universities-have-formal-guidance-ai> <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-survey-less-10-schools-and-universities-have-formal-guidance-ai>
10. *Drach, I., Borodiyenko, O., Petroye, O., Reheilo, I., Slobodianiuk, O., Bazeliuk, O., & Bazeliuk, N. (2023). Using Artificial Intelligence in Research: Academic Staff of Ukrainian HEIs [Data set].* Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10065822>
11. *Readiness assessment methodology: a tool of the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence (2023).* UNESCO. 27 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385198>
12. *Sabzalieva E, Valentini A. (2023). ChatGPT and Artificial Intelligence in higher education. Quick start guide* UNESCO, 15 p. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146/PDF/385146eng.pdf.multi>

ІНФОРМАЦІЙНА ПЛАТФОРМА ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Božo Soldo¹, Zaspа Г.², Ткаченко В.², Харута В.³, Заяць О.³

¹ University North, Koprivnica, Croatia

² Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

³ Національний транспортний університет, Київ, Україна

Анотація. Світові тенденції розвитку як галузі освіти, так і управління нею, зокрема й закладами вищої освіти, спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Це свідчить про те, що всі освітні, наукові, управлінські та інші процеси закладу вищої освіти (ЗВО) повинні повністю переходити в цифрове середовище. Запропоновано інформаційну платформу технології цифрової трансформації ЗВО, яка базується на моделях та методах концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО і може використовуватися з метою підвищення ефективності процесів цифрової трансформації ЗВО.

Ключові слова: інформаційна платформа, модель, інформаційна технологія, цифрова трансформація, заклади вищої освіти.

INFORMATION PLATFORM OF TECHNOLOGY OF DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Božo Soldo¹, Zaspа H.², Tkachenko V.², Kharuta V.³, Zaiats O.³

¹ University North, Koprivnica, Croatia¹

² Cherkasy State Technology University, Cherkasy, Ukraine

³ National Transport University, Kyiv, Ukraine

Abstract. Global trends in the development of both the field of education and its management, including educational institutions, are aimed at the transition to digital transformation. This indicates that all educational, scientific, management and other processes of the institution of higher education should be completely transferred to the digital environment. An information platform for the technology of digital transformation of a higher education institution is proposed, which is based on models and methods of concentric information technology of HEI digital transformation and can be used to increase the efficiency of HEIs digital transformation processes.

Keywords: information platform, model, information technology, digital transformation, higher education institutions.

Вступ. Світові тенденції розвитку як галузі освіти, так і управління нею, зокрема й закладами вищої освіти, спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Це свідчить про те, що всі освітні, наукові, управлінські та інші процеси закладу вищої освіти (ЗВО) повинні повністю переходити в цифрове середовище. Тому без впровадження процесів цифрової трансформації, ЗВО не може ефективно організувати якісний освітній процес та дистанційну роботу своїх підрозділів з документами, не може нормально функціонувати в конкурентних умовах, що негативно впливає на студентів, викладачів, співробітників [1].

Мета роботи. Метою дослідження є розробка інформаційної платформи технології цифрової трансформації закладів вищої освіти.

Постановка проблеми. Традиційні підходи до автоматизації діяльності ЗВО втратили ефективність і вже не можуть задовольнити сучасні вимоги. Автоматизовані системи навчання, управління, обліку тощо не тільки не вирішують всіх задач ЗВО, вони ще й розділяють інформаційний простір за окремими «комірками», у відповідності з тими функціональними задачами, для вирішення яких потрібна та чи інша інформація. Зазвичай це розрізнені інструменти, які не об'єднані в єдину систему вирішення функціональних задач ЗВО. І, звичайно, такий підхід не дозволяє ефективно реалізувати проєкти цифровізації, не дозволяє створити єдину систему побудови цифрових університетів [1, 2].

Основна частина. Метою цифрової трансформації закладу вищої освіти є його розвиток через створення та використання цифрового простору ЗВО. Цифровий простір – це сукупність документів, які є в ЗВО, інформаційних баз та засобів роботи з ними, а також інструментів вирішення функціональних задач. Отже, чим більше задач, інформаційних баз і інструментів, тим більш різноплановим є цифровий простір і тим складніше створити єдину інформаційну технологію цифрової трансформації [1].

Для того щоб перейти від концепції, що базується на локальному (позадачному) підході до побудови цифрового ЗВО до концепції, яка включає структурування компонентів цифрового простору, базовану на виділенні забезпечуючої компоненти та функціональної компоненти, необхідно об'єднати: компоненти цифрового простору в єдину інформаційну технологію цифрової трансформації закладу вищої освіти [1]. Це можна схематично представити у вигляді концентричної моделі інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО.



Рис. 1. Концептуальна модель концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО [1]

Виходячи з такого представлення цифрового простору, побудовано математичні моделі, що моделюють взаємозв'язок об'єктів і процедур цифрового простору і включають такі складові:

- Зовнішнє середовище → Об'єкти нормативної бази;
- Процедури управління інформацією → Об'єкти нормативної бази;
- Об'єкти нормативної бази → Інформаційні об'єкти функціональних задач;
- Процедури вирішення функціональних задач ЗВО → Інформаційні об'єкти функціональних задач;
- Процедури управління інформацією → Інформаційні об'єкти функціональних задач;
- Зовнішнє середовище → Процедури управління інформацією;
- Зовнішнє середовище → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО;
- Об'єкти нормативної бази → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО;
- Інформаційні об'єкти функціональних задач → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО;
- Об'єкти нормативної бази → Процедури забезпечення діяльності ЗВО;
- Інформаційні об'єкти функціональних задач → Процедури забезпечення діяльності ЗВО.

На основі даної моделі визначено чотири технологічні системи, які забезпечують формування продуктів концентричної інформаційної технології:

- наповнення цифрового простору нормативною інформацією;
- наповнення цифрового простору в частині інформаційної бази функціональних задач;
- вирішення функціональних задач;
- використання цифрового простору для забезпечення діяльності закладу вищої освіти.

Побудовані «Модель вибору процедур управління інформацією ЗВО» та «Модель вибору процедур забезпечення діяльності ЗВО», що описують два шари концентричної моделі, які не є традиційними в різноманітних автоматизованих системах ЗВО.

Висновки. Запропоновано інформаційну платформу технології цифрової трансформації ЗВО, яка базується на моделях та методах концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. Дана платформа може використовуватися з метою підвищення ефективності процесів цифрової трансформації ЗВО.

Список використаних джерел

1. Тесля Ю.М., Заспа Г.О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. Управління розвитком складних систем. Київ, 2020. Вип. 44. С. 105-115. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115>. URL: <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/228917>.
2. Леонов С.В., Семко О.В. Інформаційна технологія управління інформаційними ризиками для проєктів цифрової трансформації бізнесу. Управління розвитком складних систем. Київ: КНУБА, 2023. № 56. С. 64-69. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.64-69>. URL: <https://urss.knuba.edu.ua/zbirnyk-56>.
3. Заспа Г., Тесля Ю., Триус Ю., Фауре Е. Проблеми і перспективи цифрової трансформації закладів вищої освіти України // Цифрова трансформація освіти та науки : матеріали І Всеукраїнських науково-практичної конференції, 2-3 берез. 2023 р. / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди ; [редкол.: Ю. Д. Бойчук (голов. ред.) та ін.]. Харків, 2023. С. 38-47.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ПРИ ВИБОРІ LMS ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Капітан О.В., Триус Ю.В.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Цифровізація освіти та широке використання технологій дистанційного навчання у закладах вищої освіти в сучасних умовах спонукає до аналізу існуючих систем управління навчанням (Learning Management System – LMS) і вибору серед них найкращої альтернативи, що має вирішальне значення для надання якісних освітніх послуг закладами вищої освіти України. Об'єктом дослідження є формування інформаційного освітнього середовища закладу вищої освіти на базі LMS. Предметом досліджень є системи управління навчанням. Метою дослідження є комплексний аналіз стану використання технологій дистанційного навчання в Україні, виявлення проблем щодо їх впровадження у закладах вищої освіти в сучасних умовах, а також обґрунтування методики вибору найкращої альтернативи серед наявних LMS для управління академічними та адміністративними аспектами освітнього процесу в закладах вищої освіти, заснованої на застосуванні методу аналізу ієрархій.

Ключові слова: Moodle, технології дистанційного навчання, системи управління навчанням, метод аналізу ієрархії.

THE USE OF THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD IN THE SELECTION OF LMS FOR THE FORMATION OF THE INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Kapitan O., Tryus Y.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The digitalization of education and the widespread use of distance learning technologies in higher education institutions in modern languages prompts the analysis of existing Learning Management Systems (LMS) and the selection of the best alternative among them, which is crucial for the provision of quality educational services by higher education institutions in Ukraine. The search for the best LMS is prior to a more in-depth analysis and the formation of basic requirements for the system. The object of research is to select the best LMS based on qualitative and quantitative characteristics according to the criteria formed based on the analysis of the state, characteristics and current problems of the educational process. The subject of research is the use of decision-making methods, in particular the method of hierarchy analysis, to provide a structured approach to evaluating and determining the best alternative according to the given criteria and qualitative and quantitative characteristics. The result of the research is the testing of the selection methodology using hierarchy analysis and taking into account qualitative and quantitative indicators and the criterion for obtaining the best alternative (LMS Moodle).

Keywords: Moodle, Distance Learning Technologies, Learning Management Systems, Analytic Hierarchy Process.

Вступ. Пріоритетним напрямом розвитку освітніх середовищ у закладах вищої освіти (ЗВО) залишається використання технологій, систем, сервісів і ресурсів, що базуються на веб-технологіях і мобільних технологіях. Особливо це проявилось в умовах карантину та воєнного стану в Україні, коли життєво необхідним для нормально функціонування університетів стало повсякденне використання технологій дистанційного навчання зі збереженням рівня якості освітнього процесу.

Вибір потрібної LMS може стати вирішальним для будь-якого закладу освіти. Зважаючи на широкий спектр доступних LMS, актуальною є проблема визначення системи, що як найкраще відповідає конкретним потребам і цілям закладу освіти.

Метою дослідження є комплексний аналіз стану використання технологій дистанційного навчання в Україні, виявлення проблем щодо їх впровадження у закладах вищої освіти в сучасних умовах, а також обґрунтування методики вибору найкращої альтернативи серед наявних LMS для управління академічними та адміністративними аспектами освітнього процесу, заснованої на застосуванні методу аналізу ієрархій.

Постановка задачі. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- проаналізувати стан, проблеми впровадження і використання технологій дистанційного навчання у ЗВО;
- визначити основні якісні та кількісні характеристики LMS, за якими можна провести їх порівняльний аналіз;
- здійснити порівняльний аналіз доступних на ринку систем управління навчанням на основі запропонованих якісних і кількісних характеристик цих систем;
- запропонувати і науково обґрунтувати методику вибору найкращої альтернативи серед наявних LMS для управління академічними та адміністративними аспектами освітнього процесу у ЗВО.

Основна частина. Аналіз стану організації освітнього процесу в закладах вищої освіти України в період з лютого 2022 р. до грудня 2023 р. показав збереження високого рівня використання дистанційної і змішаної форм навчання, зокрема в умовах воєнного стану (табл. 1).

Статистика використання форм навчання в умовах військового стану [1]

Форма навчання	Друге півріччя 2021/2022 н.р.	Перше півріччя 2022/2023 н.р.	Друге півріччя 2022/2023 н.р.	Перше півріччя 2023/2024 н.р.
Дистанційна	82%	31%	29,4%	23,3%
Змішана	18%	42%	52,4%	47,9%
Очна	0%	27%	18,2%	28,8%

Зазвичай, в закладах вищої освіти реалізація дистанційної та змішаної форм навчання здійснюється за допомогою систем управління навчанням (Learning Management System – LMS). На сьогодні ринок LMS досить насичений різними системами (більше 150 програмних продуктів [2]), але з досить схожими за своїми функціями та можливостями. У дослідженні розглянуто 5 найбільш популярних у світі LMS: Moodle, TalentLMS, Google Classroom, Canvas, Blackboard.

Наявність широкого спектру функціональних можливостей LMS для забезпечення потреб інформаційного освітнього середовища ЗВО є основною вимогою при виборі системи.

Для детального і об'єктивного порівняння систем управління навчанням авторами було запропоновано використати широкий спектр якісних і кількісних характеристик LMS, об'єднаних за такими категоріями:

- *основні функціональні можливості*: зручний інтерфейс, адаптивність інтерфейсу користувача, мультимовність, інтеграція модулів, підтримка компетентнісного підходу, масштабність використання, наявність хмарного рішення, можливість встановлення на сервер ЗВО, наявність мобільного додатку, безкоштовний доступ, розгалужена спільнота;

- *безпека*: наявність засобів аутентифікації користувачів, можливість шифрування персональних даних, встановлення антивірусних плагінів, забезпечення резервного копіювання;

- *організація освітнього процесу, контроль та комунікація*: створення навчальних груп, формування розкладу занять, наявність засобів комп'ютерного тестування та організації контролю відвідування занять, наявність електронного журналу успішності, генерація звітів про навчальну активність студентів та їх успішність, підтримка персоналізованої навчальної траєкторії, відстеження завершення завдань, встановлення лімітів часу на відповіді, інтерактивний обмін повідомленнями (чат, форум, листування);

- *управління контентом, гейміфікація, стимулювання*: можливість розробляти навчальні матеріали на різних платформах і використання інтерактивного контенту, наявність засобів проведення вікторин, інтерактивного тестування, віртуальних екскурсій, використання інтерактивних 3D-моделей, підтримка SCROM, інтеграція елементів віртуальної реальності, симуляції та віртуальні лабораторії, використання плагінів для розширення функцій гейміфікації, використання рейтингових балів, таблиць лідерів, відзнак, видача сертифікатів про успішне завершення курсу.

Результати проведеного авторами аналізу зазначених вище LMS за неведеними та деякими іншими характеристиками подано у таблиці 2, де вказано кількість наявних у системах показників відповідної категорії.

Для прийняття рішення щодо використання конкретної LMS для організації інформаційного освітнього середовища ЗВО доцільно застосовувати методи прийняття рішень, зокрема методи експертного оцінювання, метод аналізу ієрархій (MAI), методи прийняття рішень на основі використання теорії нечітких множин і нечіткої логіки.

У даному дослідженні порівняння альтернативних LMS здійснювалося за допомогою MAI, який є досить універсальним методом прийняття рішень і широко використовується для вирішення різних проблемних ситуацій: ранжування, пріоритетність, розподіл ресурсів, управління якістю, вирішення конфлікту, вибір альтернатив (наприклад, вибір кращої LMS).

Кількість наявних показників у різних LMS

Категорії характеристик	Кількість показників	Moodle	Talent LMS	Google Classroom	Canvas	Blackboard
Основні функціональні можливості	11	11	8	7	8	8
Безпека	4	4	4	3	4	4
Організація освітнього процесу, контроль та комунікація	9	9	9	5	9	9
Управління контентом, гейміфікація, стимулювання	13	13	12	4	11	13
Разом:	37	37	33	19	32	34

МАІ використовує попарні порівняння для кількісного визначення відносної важливості критеріїв і альтернатив, забезпечуючи послідовну і математично точну їх оцінку [3].

Для вираження важливості або переваги одного об'єкту порівняння над іншим у цифровому еквіваленті використовується відома шкала Сааті: 1 – однакова важливість, 3 – помірна перевага (важливість), 5 – сильна перевага (важливість), 7 – дуже сильна (істотна) перевага, 9 – абсолютна перевага (надзвичайна важливість), 2,4,6,8 – проміжні значення переваги (домінування) [3].

Для мінімізації суб'єктивної залежності в дослідженні ваги критеріїв та перевага між альтернативами визначалась з урахуванням кількості наявних у LMS показників згідно з таблицею 2.

Для аналізу та візуалізації результатів дослідження було використано web-ресурс Analytic Hierarchy Process (AHP) Tool [4] (рис. 1).

На рис. 1 подано діаграму розподілу пріоритетів між LMS, наведених у таблиці 2, з якої видно, що значення пріоритетів між LMS розподілилися так: Moodle – 0.257, Blackboard – 0.210, TalentLMS – 0.210, Canvas – 0.210, Google Classroom – 0.112.

Також на рис. 1 відображається перевага альтернатив за категоріям з використанням кольорової гами: червоний – основні функціональні можливості; рожевий – безпека; жовтий – організація освітнього процесу, контроль та комунікація; коричневий – управління контентом, гейміфікація, стимулювання

Отже, проведене дослідження та результати порівняння альтернатив з використанням методу аналізу ієрархій (хоча у деяких категоріях LMS мають паритет), дають можливість стверджувати, що за сукупністю показників LMS Moodle має функціональну перевагу в порівнянні з розглянутими аналогами.

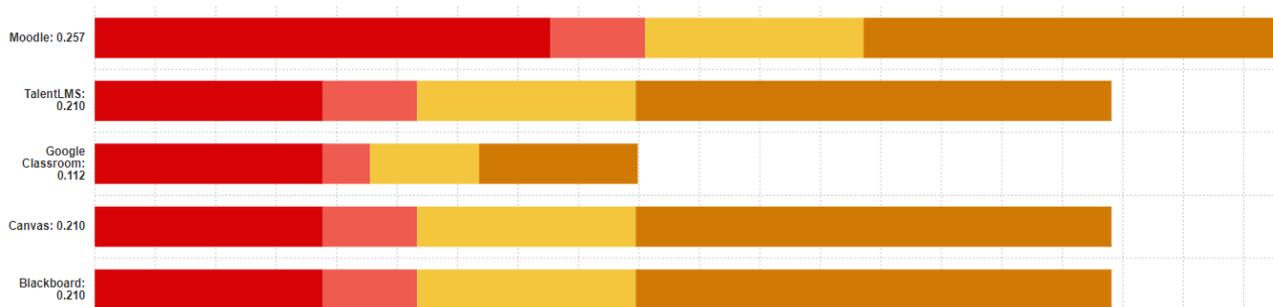


Рис. 1. Діаграма розподілу пріоритетів між LMS, наведених у таблиці 2

Висновки. У роботі було запропоновано використання широкого спектру кількісних і якісних характеристик, за якими доцільно порівнювати LMS, що об'єднані у чотири категорії. На основі цих характеристик науково обґрунтовано методику вибору найкращої альтернативи серед доступних на ринку LMS з використанням методу аналізу ієрархій.

Результати проведеного дослідження дають підстави стверджувати, що LMS Moodle має функціональну перевагу в порівнянні з аналогічними системами та є одним з найкращих варіантів для використання як платформи для створення інформаційного освітнього середовища ЗВО.

Список використаних джерел

1. Інформаційно-аналітична довідка щодо організації освітнього процесу в закладах фахової передвищої та вищої освіти України в умовах воєнного стану (за результатами щоквартального онлайн-анкетування, III квартал 2023 року) URL: https://sqe.gov.ua/wp-content/uploads/2023/11/IAD_III_kvartal_2023.pdf
2. Рейтинг LMS за версією платформи для прийняття технологічних рішень TrustRadius. URL: <https://www.trustradius.com/learning-management-lms#overview>
3. Thomas L. Saaty, Luis G. Vargas «Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Second Edition. Springer Science+Business Media New York 2012. 345 p. URL: <https://slims.ikipgribojonegoro.ac.id/repository/Models-Methods-Concepts-Applications-of-the-Analytic-Hierarchy-Process.pdf>
4. Онлайн сервіс «Analytic Hierarchy Process (AHP) Tool». URL: <https://comcastsamples.github.io/ahp-tool/>

МІКРОКВАЛІФІКАЦІЯ ДЛЯ ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТІВ НА БАЗІ LMS MOODLE

Кухаренко В.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Анотація. В роботі на базі міжнародного стандарту ISTE у LMS Moodle створена рамка компетентностей та на її базі понад 20 мікромодулів, що забезпечують певну мікрокваліфікацію викладачів. Це дозволяє розробити комплексну навчально-тематичну програму підвищення кваліфікації викладачів ЗВО та формувати навчальні програми окремих напрямків електронного (дистанційного) навчання. Наприклад, розробка дистанційного курсу, тьютор дистанційного або змішаного навчання, куратор змісту або формувати актуальні мікрокваліфікації. Мета роботи - створення гнучкої системи для формування персонального маршруту підвищення кваліфікації з електронного навчання на базі апробованих початкових модулів у LMS Moodle. Програмно це вирішується з використанням елементу LMS Moodle - субкурс. Результати отримання окремих компетентностей та завершення мікромодулів фіксується на хабі LMS Moodle. Мікромодулі можна вивчати самостійно, з консультантом, груповим методом з активним спілкуванням, проєктним або кейсовим методом.

Ключові слова: мікрокваліфікація, LMS Moodle, компетентність, електронне навчання, субкурс.

MICROCREDENTIALS FOR UNIVERSITY TEACHERS BASED ON LMS MOODLE

Kukharenko V.

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

Abstract. Based on the ISTE international standard, LMS Moodle has created a competency framework and more than 20 micromodules that provide certain micro-qualifications for teachers. This makes it possible to develop a comprehensive educational and thematic program for advanced training of teachers of higher education institutions and to form curricula for certain areas of electronic (distance) learning. For example, the development of a distance course, a tutor of distance or blended learning, a curator of content

or the formation of relevant micro-qualifications. The purpose of the work is to create a flexible system for the formation of a personal route for advanced training in e-learning on the basis of proven training modules in LMS Moodle. Programmatically, this is solved using the LMS element of Moodle - a subcourse. The results of obtaining individual competencies and completing micromodules are recorded on the LMS Moodle hub. Micromodules can be studied independently, with a consultant, a group method with active communication, a project or case method.

Keywords: microqualifications, LMS Moodle, competence, e-learning, subcourse.

Вступ. Протягом останніх років відбулися суттєві зміни у світовій освіті. Пандемія примусила обмежити очне навчання, віддати перевагу змішаному та дистанційному навчанню. Більша частина викладачів, не знайома з технологіями дистанційного навчання, опановували нові інформаційні технології та переходили на екстрене дистанційне навчання, яке нагадує кальку очного навчання. Одним з основних стає питання підвищення кваліфікації викладачів. Підготовка розробника дистанційного курсу або тьютора вимагає навчання викладача у багатотижневих курсах. Поєднувати таке навчання з поточним навчальним процесом у закладі вищої освіти дуже важко. Оптимальним рішенням може бути розподіл навчальних курсів підвищення кваліфікації на окремі мікромодулі і дати можливість викладачу самостійно обрати порядок їх опрацювання.

У світі дуже широко використовується термін Microcredentials, який може перекладатись як мікрокваліфікація. Мікрокваліфікація – це цифрові сертифікати (бейдж), які підтверджують компетентність особи в певній навичці чи наборі навичок. Завдяки ним педагоги тепер можуть бути офіційно визнані за навичками та компетентностями, які вони набули протягом своєї кар’єри.

Мета роботи – підвищення кваліфікації викладачів закладів вищої освіти з розробки дистанційних курсів, які мають вищу освіту, володіють сучасним рівнем знань в галузі викладацької роботи та проводять навчальний процес або беруть участь у проектуванні навчального процесу з викладачами.

В анотації: Мета роботи – створення гнучкої системи для формування персонального маршруту підвищення кваліфікації з електронного навчання на базі апробованих початкових модулів у LMS Moodle.

Основна частина. Для підвищення кваліфікації викладачів з дистанційного навчання розроблені відкриті дистанційні курси “Основи дистанційного навчання” (2 кредити), “Технологія розробки дистанційного курсу” (4 кредити), “Практикум тьютора” (4 кредити), “Куратор змісту” (4 кредити), “Змішане навчання” (4 кредити), “Експерт електронного навчання” (4 кредити) та інші мікрокурси у LMS MOODLE.

Ці курси можна вивчати у довільному порядку, крім курсу “Експерт електронного навчання”, який вимагає досвіду створення дистанційного курсу, навички куратора змісту, проведення дистанційного або змішаного навчання. У курсах є співпадаючі модулі, наприклад, таксономія Блума, формування рамки компетентностей та навчального плану у LMS MOODLE.

В результаті структурування були виділені окремі модулі (понад 20) та оформлені як дистанційні курси. Це дозволило об’єднати їх у головному дистанційному курсі як субкурси (елементи LMS MOODLE) (1-4 кредити).

Викладач має можливість замовити навчальну програму підвищення кваліфікації конкретного спрямування (розробник дистанційного курсу, тьютор, менеджер дистанційного навчання тощо). Модулі можуть вивчатися в залежності від вимог викладача: самостійно (виконання тестів), з консультацією викладача або у складі групи тощо.

По завершенні навчання за даною програмою передбачається проведення публічного захисту проекту (дистанційного курсу) та контрольне тестування. Результативність навчання відмічається бейджами та свідоцтвом КВЕД з верифікацією на хабі LMS MOODLE.

Програма сприяє формуванню високопрофесійних педагогів, здатних на сучасному рівні вирішувати загальні педагогічні завдання з навчання і виховання слухачів у відповідності з основними напрямками пріоритетного національного розвитку освіти

можливостями ЗВО з надання освітніх послуг, що відповідають запитам і потребам суспільства в контексті сучасної соціокультурної ситуації.

Новизна програми полягає в актуалізації та реалізації принципів супроводу фахової успішності як основи професійного розвитку конкретного викладача, педагога-науковця або колективу наставників і вихователів закладу вищої освіти в цілому.

Програма реалізується на базі LMS Moodle, яка має інструменти роботи з компетентностями. Дана програма базується на міжнародному стандарті ISTE та професійному стандарті викладача. Кожен модуль програми формує конкретні показники компетентностей, які загалом забезпечують потрібний рівень підготовки викладача та визначаються навчальною програмою. Будь-який викладач може бути учасником декількох навчальних програм.

Висновки. Використання мікрокваліфікацій дозволяє формувати гнучкі програми підвищення кваліфікації в залежності від стартового рівня викладача та його уподобань. Деякі модулі можна вивчати окремо, деякі вимагають попередніх знань, які надаються у інших модулях. Вхідне тестування визначає рівень підготовки викладача та після тестування відкриває доступ до даного модуля або підтверджує відповідний рівень володіння компетентностями.

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ СУБ'ЄКТІВ ОСВІТНЬОГО РИНКУ ТА ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лавданська О.В., Прокопенко В.А.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. Організація взаємовигідної співпраці закладу вищої освіти із всіма зацікавленими групами є необхідною умовою для адаптації вищої освіти до вимог сучасного ринку праці. Надважливою частиною діяльності закладів вищої освіти в рамках такої співпраці є пошук сучасної моделі взаємодії із зацікавленими групами, яка дозволить реалізувати персоналізований підхід до розвитку взаємовідносин. Об'єктом дослідження є процеси інформаційно-технологічного супроводу функціонування та розвитку взаємовідносин закладу вищої освіти та зацікавлених груп як складних багаторівневих систем організаційного управління. Предметом дослідження є математичні моделі механізмів формування та вдосконалення взаємодії закладу вищої освіти та зацікавлених груп. У роботі побудовано модель процесу співпраці суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти. Наведена модель може бути використана для розробки методів персоналізованого інформаційного супроводу та розширення функціональних можливостей організаційно-технічних систем.

Ключові слова: модель, взаємодія, заклад вищої освіти, зацікавлені групи.

INFORMATION MODEL OF INTERACTION BETWEEN EDUCATIONAL MARKET PLAYERS AND HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Lavdanska O., Prokopenko V.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The organization of mutually beneficial cooperation of the institution of higher education with all interested groups is a necessary condition for the adaptation of higher education to the requirements of the modern labor market. A very important part of the activity of higher education institutions in the framework of such cooperation is the search for a modern model of interaction with interested groups, which will allow the implementation of a personalized approach to the development of mutual relations. The object of the study is the processes of information technology support of the functioning and development of the relationship between the institution of higher education and interested groups as complex multi-level systems of organizational management. The subject of the research is mathematical models of the mechanisms of formation and improvement of interaction between the institution of higher education and interested groups. In the paper builds a model of the process of cooperation between subjects of the educational market and a

higher education institution. The model can be used to develop methods of personalized information support and expand the functional capabilities of organizational and technical systems.

Keywords: model, interaction, higher education institution, stakeholder groups.

Вступ. Взаємодія з різними зацікавленими групами, зокрема, з потенційними роботодавцями, є ключовою для успішної адаптації вищої освіти до вимог сучасного ринку праці та забезпечення випускників необхідними навичками і знаннями. Організація взаємовигідної співпраці для всіх зацікавлених груп є процедурою, яку мають реалізовувати фахівці та експерти в галузі освіти. У закладах вищої освіти такими експертами зазвичай виступають викладачі кафедр, групи забезпечення освітніх програм, керівники та менеджмент закладів вищої освіти.

Теоретичним та методичним аспектам управління взаємодією з зацікавленими групами присвячено чимало досліджень, зокрема, таких відомих учених як Ю.Є. Андросюк, В.Г. Балан [1], Копилов С., Опалюк Т. [2], Балан В. Г., Козленко А. С. [3], Гевко І. В., Борисов В. В. [4]. У дослідженнях вітчизняних науковців досить часто управління зацікавленими групами закладів вищої освіти ототожнюється із поняттям управління зацікавленими групами, які впливають на освітній процес закладу вищої освіти.

Постановка задачі. Надважливою частиною діяльності закладів вищої освіти є пошук сучасної моделі взаємодії із зацікавленими групами, яка дозволить реалізувати персоналізований підхід до розвитку взаємовідносин. Така модель повинна враховувати особливості соціокомунікаційної, організаційної, технологічної та інформаційної взаємодії суб'єктів освітнього ринку.

Мета роботи полягає у розробці інформаційної моделі процесу співпраці суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. Введемо понятійний базис моделі – сукупність зацікавлених груп, їх інтересів, стратегій, множину коаліцій інтересів, множину стратегій в конфліктних ситуаціях

$$Z = \langle I, U, CU, S, CA, ST, I = \{i\}, N = \{n\} \rangle,$$

де I – множина зацікавлених груп у співпраці із закладом вищої освіти, U – множина інтересів всіх зацікавлених груп у співпраці із закладом вищої освіти, CU – сукупність зацікавлених груп зі спільними інтересами, S – сукупність чистих стратегій зацікавлених груп, CA – множина зацікавлених груп, що мають спільні стратегії та спільно діють в конфліктній ситуації, ST – множина конфліктних ситуацій.

Інформаційну модель процесу співпраці суб'єктів освітнього ринку із закладом вищої освіти, що залежить від цілей колаборації, особливостей колаборації, стану матриці тривалості співпраці по кожній цілі, профілю зацікавленої групи та факторів соціально-економічного середовища подамо у вигляді:

$$G = f(Z, D, T, K, E),$$

де D – обраний зацікавленою групою індивідуальний персоніфікований напрям колаборації, T – часова матриця взаємодії, подана тривалістю співпраці закладу вищої освіти по кожній цілі із зацікавленою групою у межах обраного напрямку колаборації, K – квант знань про зацікавлену групу, E – фактори соціально-економічного середовища.

У перспективі для реалізації запропонованої моделі доцільно використати такі інформаційні технології як системи управління взаємодією, аналітичні інструменти, інтерактивні платформи тощо.

Висновки. Отримана інформаційна модель враховує персоніфіковані можливості зацікавлених груп у співпраці із закладом вищої освіти, що дозволить розробити методи персоналізованого інформаційного супроводу та розширити функціональні можливості організаційно-технічних систем. Використання такої моделі закладам вищої освіти сприятиме відшуканню оптимального підходу до співпраці з різними зацікавленими

групами, що в свою чергу сприятиме покращенню якості освіти та підготовки здобувачів вищої освіти до викликів сучасного ринку праці.

Список використаних джерел

1. Андросюк Ю. Є., Балан В. Г. Нечітка модель управління взаємодією зі стейкхолдерами в проєкті впровадження сіркополімерів у ключові галузі економіки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2022. № 3. С. 30–40.
2. Копилов С., Опалюк Т. Модель інтерактивного формату взаємовідносин університету і стейкхолдерів. *Український педагогічний журнал*. 2021. № 2. С. 20–27.
3. Балан В. Г., Козленко А. С. Формування стратегії взаємодії зі стейкхолдерами дослідницького університету на основі теорії нечітких множин. *Причорноморські економічні студії*. 2023. Вип. 79. С. 57–69.
4. Гевко І. В., Борисов В. В. Взаємодія стейкхолдерів із закладами вищої освіти в умовах оптимізації освітнього процесу. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького*. Серія: «Педагогічні науки». 2020. № 3. С. 57–63.

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ НАВЧАННЯ ЧАТ-БОТІВ

Ляшенко Р. О., Семеріков С. О.

Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна

Анотація. У роботі проведено бібліометричний аналіз джерел з проблеми навчання чат-ботів з використанням бази даних Scopus. За результатами аналізу виявлено період стійкого зростання публікацій з даної тематики починаючи з 2018 року, зокрема після появи ChatGPT у відкритому доступі. Крім того, було згруповано ключові слова у кластери та визначено найбільш значущі поняття для кожного з них. Аналіз показав, що основні напрями досліджень включають опрацювання природної мови, застосування технологій штучного інтелекту, машинне навчання та використання чат-ботів у навчанні та сфері послуг.

Ключові слова: чат-боти, навчання, бібліометричний аналіз, природна мова, штучний інтелект.

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF CHATBOT TRAINING

Liashenko R., Semerikov S.

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. The paper presents a bibliometric analysis of sources on the training of chatbots using the Scopus database. The analysis revealed a period of sustained growth in publications on this topic starting from 2018, particularly after the emergence of ChatGPT in open access. Furthermore, key words were grouped into clusters and the most significant concepts for each of them were identified. The analysis showed that the main research directions include natural language processing, the application of artificial intelligence technologies, machine learning, and the use of chatbots in education and services.

Keywords: chatbots, training, bibliometric analysis, natural language, artificial intelligence.

Вступ. У цій роботі представлено бібліометричний аналіз 549 джерел з бази даних Scopus з метою визначення ключових понять, пов'язаних з навчанням чат-ботів. Дослідження мотивоване стрімким зростанням інтересу та публікацій у галузі створення та навчання чат-ботів, що спостерігається з 2018 року. Провідні ІТ-компанії активно працюють над розробкою чат-ботів для різних застосувань, включаючи навчання студентів та побудову систем типу “питання-відповідь”.

Мета роботи. Метою дослідження є визначення та візуалізація ключових понять, що відносяться до навчання чат-ботів.

Постановка проблеми. Основними завданнями дослідження є: 1) провести бібліометричний аналіз джерел з проблеми навчання чат-ботів для визначення ключових понять дослідження; 2) визначити найбільш значущі ключові поняття дослідження та побудувати карту їх зв'язків.

Результати. Дослідження включало кілька етапів. Спочатку був виконаний пошук у базі Scopus за ключовими словами “chatbot” та “training”. Результати пошуку були експортовані у форматі CSV та BibTeX для подальшої обробки. Зокрема, у файлі CSV було виконано нормалізацію ключових слів до однини та заміну аббревіатур повними назвами термінів.

Далі результати були проаналізовані з використанням інструменту VOSviewer для побудови карти зв'язків ключових слів та їх групування у кластери. Карта створювалася з параметрами: тип аналізу за одночасною появою терміну, одиницею аналізу були всі ключові слова, а метод підрахунку – повний підрахунок. Загальна кількість ключових слів (3705) була зменшена до 58 відкиданням тих, що зустрічалися менше ніж 12 разів.

Для кожного кластера були визначені найбільш значущі ключові слова та їх кількісні характеристики. Зокрема, розглядалися такі показники: кількість зв'язків слова з іншими словами, загальна сила цих зв'язків (кількість публікацій, де два терміни зустрічаються разом), кількість документів із заданим ключовим словом, середній рік публікації цих документів, середня кількість цитувань та нормалізована кількість цитувань. Для відібраних ключових слів була обчислена їх значущість від 1 до 6 на основі їх рангу за зазначеними показниками. На рис. 1 подано карту зв'язків ключових слів із значущістю не менше 1.

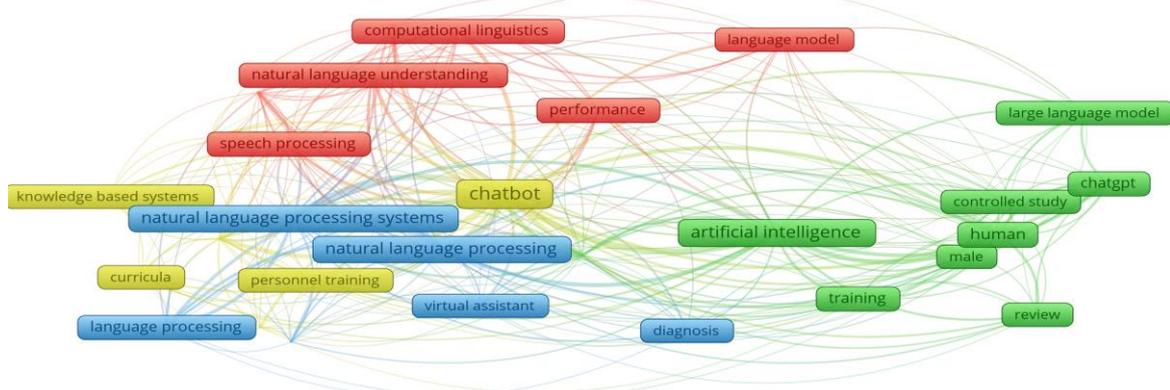


Рис. 1. Карта зв'язків найбільш значущих ключових слів

Аналіз виявив чотири кластери напрямів досліджень: 1) опрацювання природної мови; 2) застосування технологій опрацювання природної мови у суспільстві; 3) застосування машинного навчання для опрацювання природної мови; 4) чат-боти у навчанні та сфері послуг. У кожному кластері були визначені найбільш значущі ключові поняття, що дозволило окреслити сучасні пріоритети досліджень у відповідних галузях.

Зокрема, у першому кластері (опрацювання природної мови) найбільш значущими виявилися 7 ключових слів (41%): computational linguistics, natural language understanding, performance, language model, speech processing. Це вказує на фокус досліджень на обчислювальній лінгвістиці, моделюванні та розумінні природної мови. У другому кластері (застосування технологій опрацювання природної мови у суспільстві) виділилися 10 ключових слів (63%): artificial intelligence, large language model, chatgpt, human, training, review, conversational agent, controlled study, education, male. Отже, ключовими є відповідальне використання великих мовних моделей та діалогових агентів, їх вплив на людей та суспільство. Третій кластер (застосування машинного навчання для опрацювання природної мови) охопив 6 найбільш значущих слів (50%): natural language processing, natural language processing systems, virtual assistant, language processing, user interfaces, diagnosis. Фокус тут робиться на розробці віртуальних помічників, природномовних інтерфейсів та систем діагностики. У четвертому кластері (чат-боти у навчанні та сфері послуг) ключовими виявилися 7 слів (58%): chatbot, learning systems, curricula, learn+, knowledge based systems,

personnel training, customer service. Отже, ключові застосування чат-ботів визначено в адаптивних навчальних системах, системах управління знаннями та обслуговуванні клієнтів.

Висновки. Результати дослідження надали можливість визначити провідні напрями досліджень у галузі навчання чат-ботів та пов'язаних технологій. У сфері опрацювання природної мови фокус робиться на обчислювальній лінгвістиці, розумінні та моделюванні мови. У суспільних застосуваннях ключовими є відповідальне використання великих мовних моделей та діалогових агентів. Основні техніки машинного навчання охоплюють віртуальних помічників, інтерфейси та діагностику. Ключові застосування чат-ботів визначено в адаптивних навчальних системах, управлінні знаннями та обслуговуванні клієнтів.

Список використаних джерел

1. Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. (2024) VOSviewer - Visualizing scientific landscapes. Retrieved. URL: <https://www.vosviewer.com/>

ЗАСТОСУВАННЯ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЯКІСНОГО АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ОСВІТНІХ ПРОЄКТІВ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Carlsson A.¹, Мокієнко Ю.², Семко І.², Мильніченко С.², Гайдаєнко О.³

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden

²Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

³Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Миколаїв, Україна

Анотація. Більшість досліджень що оснований на когнітивному моделюванні в галузі освіти зосереджені на аналізі навчання. В нашому дослідженні пропонується побудова когнітивної моделі ризиків освітнього проекту, а саме проекту формування навантаження кафедри, в рамках аналізу кафедральних ризиків, пов'язаних з навантаженням викладача в частині навчального навантаження. Використання когнітивних методів дозволить провести аналіз концептів, через побудову графічної моделі показати їх взаємодію, причинно-наслідкові зв'язки. При цьому візуалізація відіграє важливу когнітивну функцію, ілюструючи не тільки результати дій суб'єкта управління, а й підказуючи йому способи аналізу і генерування варіантів рішень. Організаційні процеси в закладах вищої освіти складний механізм, що потребує постійного аналізу для прийняття управлінських рішень, тому когнітивне моделювання має великий потенціал для покращення нашого розуміння людського пізнання та розробки нових технологій та методів.

Ключові слова: освітній проєкт, когнітивна модель, експертні оцінки, ризики проєкту.

APPLICATION OF COGNITIVE MODELING FOR QUALITATIVE ANALYSIS OF RISKS OF EDUCATIONAL PROJECTS IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

Carlsson A.¹, Mokiienko I.², Semko I.², Mylnichenko S.², Haidaienko O.³

¹Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden

²Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

³Admiral Makarov National University of Ship building, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. Most research based on cognitive modeling in education focuses on learning analysis. Our study proposes the construction of a cognitive model of the risks of an educational project, namely the project of forming department workloads, within the framework of the analysis of departmental risks associated with teachers' workloads in terms of educational workload. The use of cognitive methods will allow the analysis of concepts, through the construction of a graphic model to show their interaction, cause-and-effect relationships. At the same time, visualization plays an important cognitive function, illustrating not only the results of the management subject's actions, but also suggesting ways to analyze and generate decision options. Organizational processes in higher education institutions are a complex mechanism that requires

constant analysis for management decision-making, so cognitive modeling has great potential for improving our understanding of human cognition and developing new technologies and methods.

Keywords: educational project, cognitive model, expert evaluations, project risks.

Вступ. Сучасна мінливість внутрішнього та зовнішнього середовищ у закладах вищої освіти спонукає до необхідності застосування більш гнучких інструментів проектного управління та приділення особливої уваги питанням управління ризиками. Під час впровадження інформаційних технологій в освітні проекти, присутній досить високий відсоток невизначеності, тому управління ризиками у проектах або закладах вищої освіти в цілому займає чільне місце.

Мета роботи. Метою даного дослідження є аналіз ризиків освітніх проектів у закладах вищої освіти та оцінка їх впливів на основі побудованої когнітивної моделі.

Постановка задачі. Сучасні освітні проекти у закладах вищої освіти стають все складнішими та міждисциплінарними, що створює нові ризики, які потребують всебічного аналізу та управління, а когнітивне моделювання, як метод аналізу ризиків, дозволить створити умови комплексного та системного підходів до управління ризиками.

Основна частина. В попередніх дослідженнях вже розкривались питання типології освітніх ризиків, їх аналізу та особливостей [1]. Розробка нових та удосконалення чинних інструментів управління ризиками дасть можливість ще ефективніше управляти ними. Когнітивне моделювання дасть змогу: дослідити проблеми, що описуються нечіткими факторами й взаємозв'язками; моделювати інформаційні впливи; управляти тенденціями розвитку ситуації для досягнення цілей проекту [2, 3].

Сучасні інформаційні системи когнітивного моделювання, такі як FCM Modeler, FCM Designer, Mental Modeler, ISEMK та FCM Expert, дозволяють в автоматизованому режимі провести розрахунки когнітивних моделей та виявити причинно-наслідкові зв'язки між параметрами моделі та ступінь впливу між ними.

Застосувавши метод експертних оцінок, у межах аналізу ризиків освітнього проекту з формування кафедрального навантаження, проведено деталізовану якісну та кількісну оцінку, з метою визначення ймовірності їх виникнення та ступені їх впливу. Для прикладу, сформовано реєстр ризиків освітнього проекту з формування кафедрального навантаження, що складається з середньозважених оцінок показників, а саме: - кадровий ризик – R1 (показники якісного, кількісного складу та плинності кадрів); - ризик контингенту студентів – R2 (показники вступу, випуску, плинності, загального контингенту, денних, заочних, бюджетних, контрактних студентів); ризик розбалансованості навантаження – R3 (показники загальних, фахових, вибіркового загальних, вибіркового фахових дисциплін); ризик виконавця – R4 (технічні помилки, цифрова некомпетентність, методична неграмотність); інформаційний ризик – R5 (недостовірність та неповна інформація, непланове внесення змін); організаційний ризик – R6 (законодавчий, політичний, маркетинговий, конкурентний); технологічний ризик – R7 (доступу до мережі Інтернет та спеціалізованих програм, стан матеріально-технічної бази); часовий ризик – R8 (втрата часу, затримка необхідного результату); форс-мажорний ризик – R9 (пандемія, війна, негода, тощо).

Для визначення вихідних даних для побудови когнітивної моделі ризиків освітнього проекту з формування кафедрального навантаження побудуємо матрицю взаємозв'язків ризиків проекту (табл. 1), в рядках вказуємо концепти-причини (об'єкти), а в стовпцях – концепти-наслідки (суб'єкти). На перетині рядка і стовпця вказуємо наявність/відсутність впливу/зв'язку між компонентами, тобто ставимо відмітку «-» – якщо вплив одного ризику (суб'єкта) може спричинити збільшення іншого (об'єкта) ризику. Тобто управління ризиком R_i може мати непередбачені наслідки для R_j або погіршення ситуації в цілому.

У той же час «+» – позитивна сила зв'язку між ризиками вказує на те, що вирішення одного ризику може спричинити зменшення іншого ризику або покращити ситуацію в цілому. Іншими словами, існують можливості взаємодії між різними аспектами ризиків, які можуть привести до покращення ситуації або досягнення мети проекту.

Матриця взаємозв'язку ризиків освітнього проєкту з формування кафедрального навантаження

		Суб'єкт $\{R_i\}$								
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Об'єкт $\{R_j\}$	R1	0	-	-	0	-	+	0	0	-
	R2	-	0	0	0	-	+	+	0	-
	R3	-	+	0	-	-	+	+	0	-
	R4	-	0	+	0	-	+	0	-	-
	R5	-	0	+	-	0	0	0	-	-
	R6	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	R7	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	R8	-	-	+	-	-	-	+	0	-
	R9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

За основу для побудови когнітивної моделі, яка представлена на рис. 1, візьмемо дані таблиці 1. Модель є орієнтованим графом, на якому відображені зв'язки між ризиками моделювання виконано за допомогою Mental Modeler [4]. На основі представленої когнітивної моделі вже можна зробити висновки, що ризики R1, R5, R6, R9, мають вплив на більшість ризиків проєкту, а R3, R4, R8 – найбільш піддаються такому впливу.

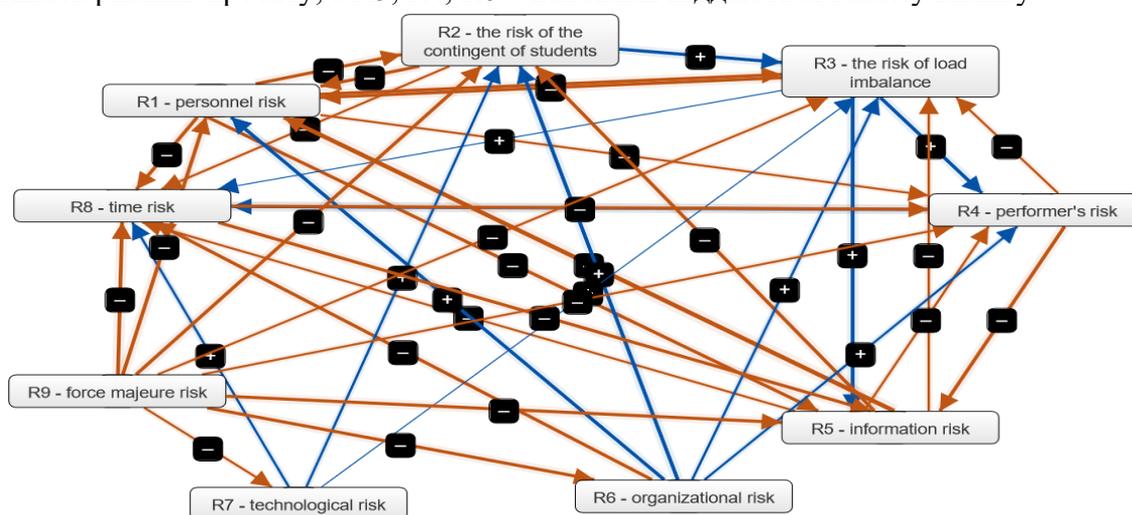


Рис. 1. Когнітивна модель ризиків освітнього проєкту з формування кафедрального навантаження

У подальших дослідженнях планується розширити модель, шляхом включення більш деталізованого переліку ризиків, що дасть можливість отримати більш вичерпний аналіз впливів і надалі успішно досліджувати характер взаємозв'язків ризиків, що впливають на освітні проєкти. Для проведення подальшого моделювання буде використано програмний інструмент Mental Modeler, який дозволяє в режимі реального часу представляти та перевіряти свої припущення, що сформовані в моделі, на основі сформованої когнітивної карти, симулювати різну поведінку факторів та запускати різні сценарії.

Для подальшої реалізації дослідження, планується розробити web-орієнтований модуль, до внутрішньої інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності університету для проведення аналізу стану кафедр.

Багатофакторне, складне та варіабельне середовище вищої освіти, потребує розробки і застосування когнітивних моделей, що підвищать обґрунтованість прийняття рішень погіршенні або покращенні ризикових подій. Також когнітивне моделювання дозволяє спрогнозувати наслідки тих чи інших управлінських рішень. Можливість врахування впливи зовнішніх, внутрішніх, довгострокових, важкопередбачувальних та інших ризиків на стан внутрішнього середовища закладів вищої освіти дасть можливість під час стратегічного планування діяльності закладів вищої освіти мінімізувати ці ризи, там самим досягти мети в

наданні якісної освіти, розвитку наукових досліджень, формуванню особистостей та розвитку суспільства. .

Висновки. Питання когнітивного моделювання в галузі освітніх проєктів у закладах вищої освіти має перспективи для подальшого дослідження, оскільки дасть можливість розробити сучасні, безпрецедентні, абсолютно нові методи управління проєктами.

Список використаних джерел

1. Семко І.Б., Мокієнко Ю.М. Аналіз ризиків освітніх проєктів в умовах диджиталізації. Управління розвитком складних систем. КНУБА, 2021. № 48. С. 39-46.
2. Данченко, Е. Б. Когнітивне моделювання ризиків проєкту. X міжнародна конференція «Управління проєктами у розвитку суспільства». Київ. КНУБА, 2013. С. 64–66.
3. Nasirzadeh, Farnad, et al. Modelling the social dimension of sustainable development using fuzzy cognitive maps. International journal of construction management, 2020, 20.3: 223-236.
4. S. Gray, J. De Kok, A.E.R. Helfgott, B. O'Dwyer, R. Jordan, A. Nyaki, «Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems», Ecology and Society, 20(2):11, 2015. [Online]. Available: <http://www.ecologyandsociety.org/vol20/iss2/art11>.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ПРИ КВАЛІМЕТРИЧНОМУ ПІДХОДІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ОСВІТИ

Півненко С.В., Прокопенко Т.О.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

Анотація. У даному дослідженні розглянуто питання оцінювання та моніторингу якості освіти в контексті закладів фахової передвищої освіти (ЗФПО). Автори звертають увагу на важливість врахування багатьох факторів, що впливають на формування компетентностей студентів та досягнення цілей національної стратегії розвитку освіти. Зокрема, в дослідженні розглядаються методи оцінювання якості освіти, включаючи кваліметричний підхід, а також враховуються ризики, що впливають на якість освітнього процесу. Також у дослідженні окреслені зовнішні та внутрішні фактори, такі як інформатизація, корупція, економічні та соціальні чинники. Авторами побудовано модель складових оцінювання якості освітніх процесів, у яких крім основних факторів доповнено додатковою гілкою ризиків.

Ключові слова: кваліметрія, кваліметричний підхід, методи, якість освіти, оцінка якості освіти, заклади фахової передвищої освіти, заклади вищої освіти.

ASSESSMENT OF RISKS WITH THE QUALIMETRIC APPROACH TO EVALUATING THE QUALITY OF EDUCATION

Pivnenko S., Prokopenko T.

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

Abstract. This research examines the issue of assessment and monitoring of the quality of education in the context of institutions of vocational pre-higher education. The authors draw attention to the importance of taking into account many factors that influence the formation of students' competencies and the achievement of the goals of the national strategy for the development of education. In particular, the research examines the methods of assessing the quality of education, including the qualitative approach, and also takes into account the risks that affect the quality of the educational process. The study also outlines external and internal factors, such as informatization, corruption, economic and social factors. The authors built a model of the components of the assessment of the quality of educational processes, in which, in addition to the main factors, an additional branch of risks was added.

Keywords: qualimetrics, qualimetric approach, methods, quality of education, assessment of the quality of education, institutions of vocational pre-higher education.

Вступ. Основною метою закладів фахової передвищої освіти (ЗФПО) та закладів вищої освіти (ЗВО) є формування загальних, освітніх і професійних компетентностей, які необхідні для формування кваліфікованого фахівця, досягнення цілей Національної стратегії розвитку освіти.

Для досягнення цієї мети потрібно враховувати багато факторів, які формують компетентності та реально виміряти якість освіти. При дослідженні якості результатів навчання та отриманої освіти потрібно описати фактори та створити математичну модель оцінювання якості освіти математичними засобами, тобто розглянути певні кількісні показники (коефіцієнти).

Питання оцінювання та моніторингу якості освіти різних рівнів в своїх працях висвітлювали науковці Г. Азгальдов, О. Білик, Г.Єльнікова, Т. Пашенко, В. Приходько та ін. Цілковито обґрунтовано науковці для оцінювання якості освіти використовували основи ідеології Total Quality Management (TQM) та оцінювали якість освітніх процесів, використовуючи кваліметричний підхід.

Зростаючі вимоги до якості освіти ставлять під сумнів ефективність традиційних методів оцінювання, таких як вимірювання знань за допомогою тестів. Сучасні заклади фахової передвищої освіти потребують більш глибокого та комплексного підходу до вимірювання якості освіти, який може включати кваліметричні методи, але також має бути доповнений іншими формами оцінювання, зокрема, з використанням новітніх інформаційних технологій.

При оцінюванні ризиків при кваліметричному підході до якості освіти важливо розглядати різні аспекти, які можуть впливати на результативність цього підходу. На нашу думку, кваліметричний підхід передбачає використання об'єктивних критеріїв та методів оцінювання якості освіти, що може допомогти в уникненні суб'єктивних оцінок та сприяти більш об'єктивному визначенню результатів навчання.

Однак, необхідно враховувати ризики, пов'язані з використанням кваліметричного підходу. Недостатня чутливість кваліметричних методів може призвести до неповного виявлення проблем у якості освіти. Наприклад, деякі аспекти якості, такі як розвиток м'яких навичок (soft skills) або креативності, можуть бути складні для оцінки за допомогою цих методів.

Мета роботи. Метою дослідження є теоретичний аналіз кваліметричного підходу до оцінювання якості освіти, а також висунення гіпотези стосовно врахування вагових коефіцієнтів ризиків, які виникають в процесі діяльності закладів фахової передвищої освіти.

Основна частина. В дослідженні [2] проводиться аналіз «питання технологічного супроводу вимірювання якості освіти в навчальному закладі, визначаються засади кваліметричного підходу щодо кількісних оцінок якості психолого-педагогічних і дидактичних об'єктів, висвітлено метод експертних оцінок якості освіти в навчальному закладі». Також в [2] наведено порядок розробки факторно-критеріальних моделей для використання в кількісній оцінці якості освіти та наведено принципи формування вагових коефіцієнтів. «Поряд із P_i (абсолютний показник) та K_i (відносний показник) кожна проста або складна властивість характеризується своєю вагомістю (важливістю) серед усіх інших – коефіцієнтом вагомості показника властивості – M_i ...кожний фактор і критерій має свою вагу в межах одиниці...

Комплексна кількісна оцінка якості виражає середньовиважену арифметичну залежність такого вигляду: $K_d = M_1K_1 + M_2K_2 + M_3K_3 + M_4K_4 + M_5K_5$ ».

В проаналізованому дослідженні О. Білика визначено складові оцінювання якості освітніх процесів, а саме: якість ресурсу ($Q_{рес}$), якість процесу ($Q_{проц}$), та якість результату ($Q_{рез}$) та визначені їх вагові коефіцієнти [1].

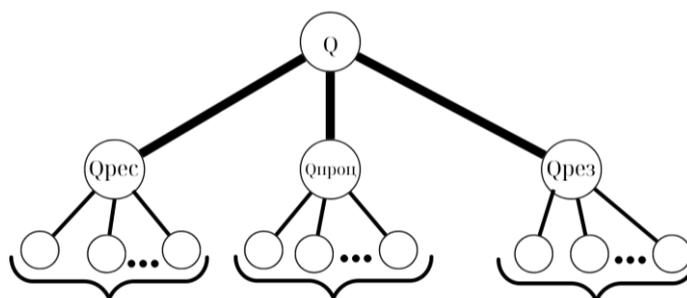


Рис. 1. Складові оцінювання якості освітніх процесів: якість ресурсу, якість процесу, якість результату (побудовано автором на основі [1])

Динаміка сучасності вимагає від освіти постійних якісних і динамічних змін. Інформатизація стрімко входить в кожен галузь сучасної суспільно-активної людини. Перед суспільством, особливо в професійній діяльності, постають нові вимоги. А, відповідно, неминучі зміни мають відбуватися і в освіті, тому, що саме освіта, більшою мірою формує суспільну свідомість, професійні якості та й просто ставлення до себе. Невпинний рух в Європу має формувати і нові вимоги, вимоги європейської освіти та відповідність європейським освітнім стандартам (Міжнародний стандарт освіти ISO 21011:2019) [5]. Відповідно до [5] «Основою цієї системи управління якістю освіти (СУЯО) є такі принципи управління:

- а) орієнтація на учнів та інших вигодонабувачів;
- б) далекоглядне лідерство;
- в) залучення персоналу;
- г) процесний підхід;
- д) поліпшення;
- е) прийняття рішень на підставі фактичних даних;
- ж) керування взаємовідносинами;
- з) соціальна відповідальність;
- и) доступність та неупередженість;
- й) етична поведінка в освітній організації;
- к) безпека та захист даних.»

Та, крім формуючих факторів, на якість освіти впливають і зовнішні негативні впливи (процеси, що відбуваються в країні). Корупція, економічна криза, недостатність фінансування освітньої галузі в тому числі, внутрішня та зовнішня міграція населення, мобілізація та інші.

Вимушена міграція з зон активних бойових дій негативно впливає на рівень якості освіти через значні вимушені фактори (навчання в несприятливих умовах, неможливість навчатися навіть дистанційно, посттравматичний синдром (ПТСР) та інші травмуючі фактори). Такий вплив значно посилюється необхідністю збереження життя та здоров'я, адаптацією до нових умов та колективу.

Великий вплив на якість освіти і на ефективну роботу закладу освіти є стабільність енергоресурсів та інтернету. Корупційна складова, яка може бути присутня в окремих закладах, також впливає на якість освіти (кошти спрямовуються не за призначенням, що, в свою чергу, послаблює і уповільнює позитивні тенденції розвитку). Динаміка фінансування закладів фахової передвищої освіти з урахуванням рівня інфляції та зменшення видатків на оплату праці педагогічних працівників має негативний вплив на якість освіти. Тому, потрібно враховувати зазначені фактори та оцінювати динамічні процеси, які впливають на якість освіти.

Можемо припустити, що складові оцінювання якості освітніх процесів як наочну модель якості (Рис. 1), запропоновану дослідником О. Біликом для загальноосвітніх навчальних закладів (ЗНЗ) можна застосувати і до ЗФПО та ЗВО представивши узагальнено та доповнити додатковою гілкою ризиків та визначити вагові коефіцієнти останніх (Рис. 2).

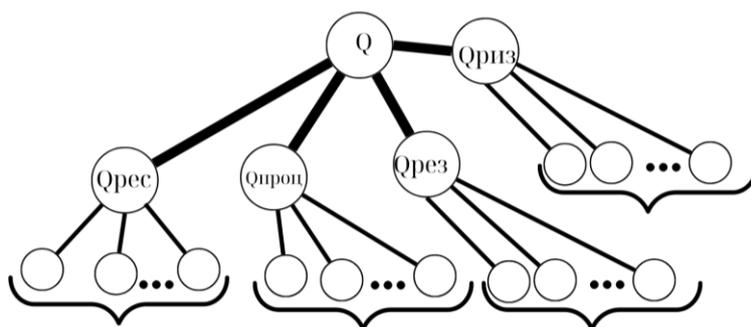


Рис. 2. Складові оцінювання якості освітніх процесів: якість ресурсу, якість процесу, якість результату, якість ризику (побудовано автором на основі [1])

Таким чином, коефіцієнт вагомості визначаючого фактора ми можемо виразити як відношення кількісної характеристики числа випадків негативно впливаючого фактора до загальної кількості таких випадків, а саме

$$k_i = \frac{n_{\text{нег}}}{n_{\text{заг}}},$$

де $n_{\text{нег}}$ – число випадків негативно впливаючого фактора,

$n_{\text{заг}}$ – загальна кількість випадків.

За даними проведеного моніторингу освіти [3] PISA-2022, в якому брали участь і студенти коледжів, маємо зниження середніх показників успішності порівняно з 2018 роком, що також свідчить про вплив негативних ризиків на якість освіти. Зниження середніх показників успішності в міжнародному оцінюванні PISA-2022 порівняно з 2018 роком може бути внаслідок різних факторів. Зокрема, тривалість тривог в порівнянні з планованою тривалістю навчального часу може свідчити про стресовану атмосферу в навчальних закладах, що негативно впливає на успішність учнів. Збільшення кількості студентів старше 27 років у загальній кількості студентів у закладі може вказувати на неефективність системи підготовки дорослих до освіти. Крім того, недостатність електроенергії та інтернету порівняно з планованим може перешкоджати ефективному навчанню у сучасному інформаційному середовищі.

Можемо припустити та ввести наступні вагові коефіцієнти:

$$k_{\text{трив}} = \frac{\text{тривалість тривог}}{\text{запланована тривалість навчального часу} \cdot \text{кількість ВПО}},$$

$$k_{\text{впо}} = \frac{\text{загальна кількість студентів у закладі}}{\text{кількість студентів старше 27 років}},$$

$$k_{\text{м}} = \frac{\text{кількість годин відсутності електроенергії та інтернету}}{\text{запланована тривалість навчального часу}}.$$

На основі наведених міркувань, проведених досліджень та враховуючи експертну думку нами буде запропонована математична модель оцінки якості освіти в закладах фахової передвищої освіти. Результатом подальшого дослідження стане web-орієнтована інформаційна система самооцінювання якості освіти закладів фахової передвищої, а також вищої освіти. На основі даних попередніх років цілком можливо спрогнозувати динаміку рейтингу закладу освіти (ЗФПО, ЗВО) на прогнозований період.

Висновки. Отже, якість освіти та відповідність вимогам Закону України «Про фахову передвищу освіту», зазначеним стандартам є важливим чинником формування професійної, свідомої особистості. Важливим є критичне визначення факторів, що впливають на якість освіти в закладах фахової передвищої освіти, врахування їх при оцінюванні якості освіти.

Список використаних джерел

1. Білик О. О. Інформаційна технологія моніторингу якості загальноосвітніх навчальних закладів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Черкаси, 2009. 21 с. URL: <https://docs.academia.vn.ua/bitstream/handle/123456789/787/Автореферат%20Білик.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 22.03.2024).

2. Єльнікова Г. В., Рябова З. В. Моніторинг як ефективний засіб оцінювання якості загальної середньої освіти в навчальному закладі. Теорія і методика управління освітою. 2008. № 1. URL: <http://tme.umo.edu.ua/docs/>
3. Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2022. кол. авт.: Г. Бичко (осн. автор), Т. Вакуленко, Т. Лісова, М. Мазорчук, В. Терещенко, С. Раков, В. Горох та ін.; за ред. В. Терещенка та І. Клименко; Український центр оцінювання якості освіти. Київ, 2023. 395 с.
4. Пашенко Т. М. Кваліметричний підхід реалізації методичної системи оцінювання якості підготовки фахівців у коледжах будівельного профілю, 2022. Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine, (1(23) С. 92-100. URL: https://lib.iitta.gov.ua/730799/1/2022__Naukovi_Zapyski__N_23__555__Druck_3-92-100.pdf (дата звернення: 25.03.2024).
5. ISO 21001:2018 – Educational organizations – Management systems for educational organizations. Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/66266.html>

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Синельник І.В., Синельник О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків,
Україна

Анотація. Робота мала на меті теоретичне обґрунтування, розроблення та апробацію системи комплексного комп'ютерного забезпечення навчального процесу з фізики в технічному університеті. В теоретичному дослідженні здійснено аналіз особливостей навчальної діяльності студентів в процесі вивчення курсу фізики, новітніх здобутків фізики та сучасних тенденцій галузі розроблення та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій навчання фізики. Це стало основою для побудови моделі інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій в навчальний процес та створення комп'ютерної системи, орієнтованої на потреби викладача та студентів. Розроблення системи комп'ютерного забезпечення включало як створення програмного продукту, придатного до використання в освітньому процесі, так і його інформаційне наповнення відповідно до стандартів інженерної підготовки і змісту курсу фізики технічного університету.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні технології навчання, навчання фізики в технічному університеті, комп'ютерний практикум, програмне забезпечення навчального процесу.

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES TO PROVIDE PHYSICS STUDYING IN TECHNICAL UNIVERSITY

Synelnyk I., Synelnyk O.

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

Abstract. The aim of the work was to create theoretical base, to develop and to test complex system of computer support for the educational process in physics at a technical university. In the theoretical study, an analysis of the peculiarities of students' educational activities in physics studying, the latest achievements of physics and modern trends in the field of development and implementation of information and communication technologies for teaching physics was carried out. This became the basis for building a model to integrate information and communication technologies into the educational process and creating a computer system focused on the needs of teachers and students. The development of the computer support system included both the creation of software suitable for use in the educational process and its information content in accordance with the standards of engineering training and the content of the physics course in technical university..

Keywords: studying information and communication technologies, physics studying in technical university, computer practicum, learning software.

Вступ. Інформатизація суспільства, блискавичний розвиток технологій створюють нові виклики і висувають нові вимоги до системи освіти. В професійній підготовці майбутніх інженерів особливого значення набуває вивчення фундаментальних дисциплін, в першу чергу, фізики, що обумовлює здатність фахівця до адаптації в умовах швидких змін характеру виробничої діяльності та переважання наукоємних технологій. Перспективи підвищення якості освіти пов'язують з впровадженням в навчальний процес спеціально розроблених інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). З іншого боку, фізика як наукова дисципліна використовує комп'ютерне моделювання як один з провідних методів дослідження, когнітивну комп'ютерну графіку як потужний інструмент відображення фізичних закономірностей, а закони квантової фізики становлять основу нової обчислювальної парадигми – квантового комп'ютингу. Ознайомлення з цими методами та ідеями має бути складником змісту фізики як навчальної дисципліни.

Мета роботи. Метою цієї роботи стало обґрунтування, розроблення та експериментальна апробація комплексного комп'ютерного забезпечення навчального процесу з фізики в технічному університеті.

Формулювання проблеми. Суперечність між вимогами до підвищення якості навчання фізики як фундаментальної дисципліни, зростанням обсягу фізичного знання, з одного боку, та скороченням обсягу навчального навантаження з фізики, передбаченого нормативними документами системи освіти, з іншого боку, актуалізує проблему пошуку нових підходів до викладання фізики в технічному університеті, зокрема таких, що базуються на використанні ІКТ.

Розв'язання проблеми. Для вирішення проблеми і досягнення цілей дослідження було детально проаналізовано особливості навчальної діяльності студентів інженерних спеціальностей в процесі вивчення фізики; специфіку побудови курсу фізики і організації навчання з цієї дисципліни; досвід впровадження інформаційно-комунікаційних технологій навчання фізики [1, 2]. На підставі здійсненого аналізу розроблено модель інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій в навчальний процес з фізики, яку було покладено в основу створення комплексної системи комп'ютерного забезпечення усіх форм навчання і видів навчальної діяльності студентів. Компонентами системи комп'ютерного забезпечення є:

1. Програмний комплекс для моделювання фізичних процесів та явищ, що за змістом відповідають різним розділам фізики від механіки до квантової фізики, і спрямовані на ознайомлення з різними методами комп'ютерного моделювання і найбільш вагомими моделями.
2. Засоби автоматизації лабораторного експерименту фізичного практикуму, зокрема модулі, що під'єднуються до звукової карти комп'ютера і разом з програмами опрацювання електричних сигналів перетворюють комп'ютер на вимірювальний пристрій – комп'ютерний вольтметр або комп'ютерний осцилограф.
3. Пакет інформаційно-методичного забезпечення.
4. Інформаційно-комунікаційні засоби забезпечення самостійної роботи студентів.
5. Комп'ютерна система моніторингу навчальної діяльності студентів.

Програми для комп'ютерного моделювання можуть бути використані в реальному навчальному процесі на лекціях – для пояснення механізмів та закономірностей перебігу фізичних процесів шляхом їх моделювання в інтерактивному режимі; на лабораторних заняттях шляхом виконання різних видів комп'ютерного експерименту – імітаційного, обчислювального, модельного; для організації самостійної роботи студентів. Обчислювальний експеримент, що моделює фізичні явище, може бути застосований на практичних заняттях для розв'язання задач студентами в інтерактивному режимі.

Інформаційно-комунікаційний компонент системи комп'ютерного забезпечення навчального процесу з фізики призначений для підтримки віддаленої роботи студентів та викладачів в цілодобовому режимі й виконаний як сукупність клієнтської програми, яку встановлює на своєму комп'ютері викладач та студент, сервісної програми, що забезпечує

обмін інформацією з клієнтськими комп'ютерами, та бази даних, де зберігаються відомості про студентів та протоколи їх роботи. З огляду на потреби он-лайн навчання альтернативною моделлю стала можливість доступу до основних програм через web-браузер.

Ефективне управління навчальною діяльністю студентів неможливе без забезпечення зворотного зв'язку. Цю задачу вирішує система комп'ютерного моніторингу, яка здійснює автоматизований контроль, оцінювання та облік усіх видів роботи студентів. До її складу входять адаптивна, мультирежимна, варіативна, модульна система комп'ютерного тестування, що за змістом охоплює весь курс фізики, а за формою різні види навчальних занять; система оцінювання (за трьома шкалами: 100-бальна, національна, європейська; система вагових коефіцієнтів; розгорнутий протокол проходження тесту) та система обліку (повна інформація щодо дій студента в системі, гнучка система виведення інформації, фільтри для відбору інформації).

Запропонована система має певні особливості, які відрізняють її від аналогічних інформаційно-комунікаційних технологій освітнього спрямування. По-перше, вона є комплексною і вирішує систему дидактичних задач. Існують комп'ютерні засоби, спрямовані на розв'язання окремих задач, такі як системи для моделювання фізичних явищ та процесів (PhET Interactive Simulations, Walter Fendt Apps on Physics, Physics at school, Physion, Labster), системи управління навчальним процесом (Moodle, Google Classroom, Canvas, Blackboard), системи комп'ютерного тестування тощо. По-друге, модуль комп'ютерного моделювання фізичних процесів відповідає змісту курсу загальної фізики технічного університету і вимагає застосування відповідних математичних методів. В той час, як більшість аналогічних програм має скоріше демонстраційний характер. По-третє, блок контролю системи комп'ютерного забезпечення навчального процесу з фізики, не лише перевіряє знання, уміння та навички, студентів, формує протокол виконання роботи кожного студента, що включає параметри експерименту, вихідні дані, послідовність дій студента, результати експерименту, результати контрольного тестування, який автоматично зберігається на сервері системи. Вся робота виконується у клієнтській програмі. Потім цей протокол може бути переглянутий викладачем за допомогою тієї ж клієнтської програми. Важливим є також те, що система має україномовний інтерфейс та змістове наповнення.

Розроблена система комп'ютерного забезпечення навчального процесу була апробована на кафедрі фізики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» і довела свою ефективність. Особливого значення набуває запропонований підхід до навчання в умовах вимушеного переходу до режиму віддаленого навчання.

Висновки. Таким чином, розроблена та апробована система комп'ютерного забезпечення навчання фізики в технічному університеті, орієнтована на практичні освітні потреби освітнього процесу, і базована на вивченні особливостей навчального процесу з фізики, довела свою ефективність.

Список використаних джерел

1. Головка М.В., Крижановський С.Ю., Мацюк В.М. Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах. / Інформаційні технології і засоби навчання, 2015, Том 47, №3. С. 36 -46.
2. Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск VII: В 3-х томах. Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2008. Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. 367 с.
3. PhET Interactive Simulations. URL: <https://phet.colorado.edu/>
4. Walter Fendt Apps on Physics. URL: <https://www.walter-fendt.de/html5/phen/>
5. Physics at school. URL: <https://www.vascak.cz/?id=1&language=ua>
6. Physion. URL: <https://physion.net/>
7. Labster. URL: <https://www.labster.com/>
8. Moodle. URL: <https://moodle.org/>
9. Google Classroom. URL: <https://edu.google.com/workspace-for-education/classroom/>
10. Canvas. URL: <https://www.instructure.com/canvas>
11. Blackboard. URL: <https://www.anthology.com/products/teaching-and-learning/learning-effectiveness/blackboard-learn>

ВИБІР СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ З NOTAM ІНФОРМАЦІЇ

Суркова К.В., Ломакіна М.Є.

Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

Анотація. Розробка і використання сучасних засобів навчання для професійної підготовки диспетчерів із забезпечення польотів є важливим питанням вдосконалення навчання. Вагоме значення при створенні інформаційно-довідкової системи навчального призначення має обґрунтований вибір програмного середовища розробки. Об'єктом дослідження є професійна діяльність та підготовка диспетчерів із забезпечення польотів з NOTAM інформацією. Предметом дослідження є розробка інформаційно-довідкової системи з NOTAM інформації для професійної підготовки майбутніх диспетчерів із забезпечення польотів. У роботі наведено перелік основних вимог до програмних середовищ розробки електронних засобів навчання авіаційних фахівців. Проведено аналіз відповідності можливостей MS Excel та вимог до середовища розробки. Головним критерієм вибору середовища визначено можливість моделювання професійної діяльності авіаційних операторів. Обґрунтовано вибір MS Excel в якості середовища розробки інформаційно-довідкової системи з NOTAM інформації.

Ключові слова: повідомлення NOTAM; інформаційно-довідкова система; диспетчер із забезпечення польотів.

CHOICE OF THE ENVIRONMENT FOR THE INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM DEVELOPMENT WITH NOTAM INFORMATION

Surkova K.V., Lomakina M.Ye.

Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Abstract. The development and use of modern training tools for the flight dispatchers' professional training is an important issue for improving training. A reasonable choice of software environment is of great importance when creating the information and reference system for the educational purpose. The object of the study is the professional activity and dispatchers' training in providing flights with NOTAM information. The subject of the study is the development of the information and reference system with NOTAM information for the flight dispatchers' professional training. The work lists the main requirements for software environment for the development of aviation specialists' electronic training tools. An analysis of the compatibility of MS Excel capabilities and requirements for the environment development have been carried out. The main criterion for choosing an environment is the possibility of modeling the aviation operators' professional activity. The choice of MS Excel as an environment for developing the information and reference system with NOTAM information has been substantiated.

Key words: NOTAM message; information and reference system; flight dispatcher.

Виклад основного матеріалу. Оперативно важливі тимчасові або постійні зміни щодо аеронавігаційного обладнання, обслуговування і правил або інформація про небезпеку, своєчасне попередження для персоналу, пов'язаного з виконанням польотів, надається в повідомленнях NOTAM. Розробка інформаційно-довідкової системи (ІДС) з NOTAM інформації спрямована на створення зручного інструменту для зберігання та опрацювання навчальної інформації про заповнення та передачу повідомлень NOTAM. В роботі [1] надано результати формування вимог до ІДС з NOTAM інформації для професійної підготовки майбутніх диспетчерів із забезпечення польотів (ЗП). Визначення функціональних та нефункціональних вимог є одним з етапів розробки будь-якої автоматизованої інформаційної системи. Важливою задачею на цьому етапі є вибір програмного середовища розробки майбутньої системи.

Мета роботи – обґрунтувати вибір програмного середовища розробки інформаційно-довідкової системи з NOTAM інформації для використання в професійній підготовці майбутніх диспетчерів із ЗП.

На даний час при створенні електронних засобів навчання (ЕЗН) використовується широкий спектр програмних засобів: прикладне програмне забезпечення загального призначення та спеціального призначення; програми, що вільно і безкоштовно використовуються і розповсюджуються; різноманітні мови програмування.

На основі аналізу чисельних психолого-педагогічних досліджень, як теоретичних, так і практичних основ розробки й впровадження ЕЗН в процес навчання, узагальнено вимоги до середовища розробки таких засобів: доступність та простота створення ЕЗН для розробників різного рівня (викладачі, методисти); програмне середовище повинно бути добре знайоме майбутнім користувачам; середовище розробки ЕЗН є складовою програмного забезпечення закладів освіти; невеликі витрати часу на освоєння та застосування інструментальних можливостей; середовище розробки, повинне бути по можливості безкоштовним та розповсюдженим; можливість подальшої модифікації ЕЗН користувачами (викладачами, методистами); здатність середовища розробки підтримувати вибрані цілі навчання і завдання навчальних програм; реалізація різних режимів навчання та ін. [2]. Але найважливішим критерієм вибору є можливість середовища змодельовати реальну професійну діяльність з використанням часових і інформаційних ознак професійної діяльності авіаційних операторів.

Зручність MS Excel розглядається Ioannou I., Angeli C. з точки зору таких освітніх можливостей табличного процесору: як інструмент для організації даних, як інструмент для надання негайного та контекстно-залежного зворотного зв'язку, як інструмент для виконання обчислень і MS Excel як інструмент моделювання [3].

MS Excel дозволяє працювати із зовнішніми базами даних (змодельовати взаємодію диспетчерів із ЗП із зовнішніми системами); використовувати велику кількість вбудованих функцій, що дозволяють виконувати фінансові, математичні, статистичні і інші розрахунки (розрахунки, при виконанні навчальних завдань); будувати діаграми за даними (наочне відображення статистичної інформації); використовувати систему роботи з картами (робота з авіаційними картами) та ін. Вибір саме MS Excel ґрунтується також на тому, що саме це середовище застосовується в виробничому процесі авіакомпаній для розробки електронних довідників. Вони зручні, прості у використанні, надають неоціненну допомогу в організації ефективної виробничої діяльності співробітників авіакомпанії. Це довідники зі зведення рейсів, статистичної інформації для Украероруху, витрати палива, хендлінгової інформації, характеристик ПС, характеристик аеродромів та ін. Важливим є реалізація різних режимів навчання, а саме: навчання, контролю і корекції підготовки. Адаптивність підготовки диспетчерів із ЗП може бути реалізована засобами MS Excel шляхом організації зворотного зв'язку, надання корекційних рекомендацій за результатами виконання навчальних вправ. Наявна можливість використання такого засобу як дистанційно, так і аудиторно.

Висновки. В ході дослідження встановлено, що MS Excel відповідає всім вимогам для розробки ІДС з NOTAM інформації. Можливості обраного програмного середовища дозволяють реалізувати майбутню систему навчального призначення для різних режимів навчання, збереження і використання великого обсягу навчальної інформації, моделювання професійної діяльності диспетчерів із ЗП з NOTAM інформацією.

Список використаних джерел

1. Миколаєць А.Р., Суркова К.В. Формування вимог до інформаційно-довідкової системи з NOTAM інформації. *Авіація та космонавтика: напрями інноваційного розвитку*. Матеріали 42 Всеукраїнської науково-практичної конференції 12 квітня 2023 року. Кропивницький: ЛА НАУ, 2023. С. 269-270. URL: https://www.klanau.kr.ua/images/docs/Zbirnyk_42konf_2023.pdf
2. Surkova K. V. Електронні засоби навчання в професійній підготовці диспетчерів із забезпечення польотів. *International security studios: managerial, economic, technical, legal, environmental, informative and psychological aspects*. International collective monograph. Georgian Aviation University. Tbilisi, Georgia, 2023. P. 1161-1186. URL: <http://www.iesfukr.org/repository>
3. Ioannou I., Angeli C. Technological Pedagogical Content Knowledge as a Framework for Integrating Educational Technology in the Teaching of Computer Science. In: Angeli, C., Valanides, N. (eds) *Technological Pedagogical Content Knowledge*. Springer, Boston, MA., 2015. P. 225-237. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9_11

ВИКОРИСТАННЯ MOODLE ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ: ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ СТРУКТУРОЮ КУРСУ ТА НАВЧАЛЬНИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ СТУДЕНТІВ

Фадєєва Л. О., Семеріков С. О.

Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна

Анотація. Дане дослідження спрямоване дати відповідь на питання, чи використання ресурсів та діяльностей у системі управління навчанням Moodle сприяє персоналізації навчання та покращенню навчальних результатів студентів. Обґрунтування базується на соціальному конструктивізмі – педагогічній теорії, що лежить в основі системи Moodle. Дослідження пропонує концептуальну модель взаємозв'язків між конструктами Moodle, що впливають на персоналізоване навчання студентів: інформація, ресурси, діяльності, комунікації та зовнішня оцінку. Висунуто десять гіпотез щодо взаємозв'язків між цими конструктами. Очікується, що активне використання ресурсів, діяльностей та комунікації в Moodle сприятиме кращому засвоєнню матеріалу студентами і, як результат, підвищенню академічної успішності. Дослідження має практичне значення для розробки персоналізованих навчальних курсів на базі системи Moodle з метою підвищення ефективності адаптивного навчання.

Ключові слова: Moodle, адаптивне навчання, персоналізоване навчання, система управління навчанням, навчальні результати студентів.

LEVERAGING MOODLE FOR PERSONALIZED LEARNING: EXPLORING THE RELATIONSHIPS BETWEEN COURSE DESIGN AND STUDENT OUTCOMES

Fadieieva L., Semerikov S.

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. This research aims to determine whether the use of resources and activities in the Moodle LMS contributes to personalized learning and improved student outcomes. The rationale is based on social constructivism – the pedagogical theory underlying Moodle LMS. The study proposes a conceptual model of the relationships among Moodle constructs that influence personalized student learning: information, resources, activities, communications, and external assessment. Ten hypotheses are put forward regarding the relationships between these constructs. It is expected that the active use of resources, activities, and communication in Moodle will foster better learning outcomes for students and, consequently, higher grades. The research has practical implications for developing personalized learning courses based on Moodle LMS to enhance adaptive learning effectiveness.

Keywords: Moodle, adaptive learning, personalized learning, learning management system, student outcomes.

Вступ. Система управління навчанням Moodle, заснована на принципах соціального конструктивізму, має потенціал для реалізації адаптивного навчання. Останні дослідження вказують на зростаючий інтерес до використання Moodle як платформи для персоналізованого навчального досвіду. Адаптивне навчання передбачає пристосування освітнього середовища до індивідуальних потреб і стилів навчання студентів, що може сприяти кращій залученості та підвищенню академічної успішності.

Мета роботи. Метою даного дослідження є визначити, чи використання різноманітних ресурсів та діяльностей у курсах Moodle пов'язане з підвищенням навчальних результатів студентів, що свідчитиме про ефективність персоналізованого навчання на цій платформі.

Постановка проблеми. Традиційна модель навчання, де однакові навчальні матеріали та оцінювання застосовуються до всіх студентів, не враховує їхню індивідуальність та може знижувати мотивацію і залученість. Впровадження адаптивного навчання в Moodle може вирішити цю проблему, однак потрібно дослідити, як саме структура курсу та використання різних елементів (ресурсів, діяльностей, комунікації) пов'язані з покращенням результатів навчання. Для цього планується застосувати метод SEM-PLS у модифікації Й. Хенселера [1],

що надає можливість побудувати модель зв'язку між конструктами – концептуальними компонентами, що відображають певний аспект роботи із системою Moodle.

Результати. У дослідженні запропоновано концептуальну модель, що об'єднує п'ять ключових конструктів Moodle: інформацію, ресурси, діяльності, комунікацію та зовнішню оцінку (рис. 1).

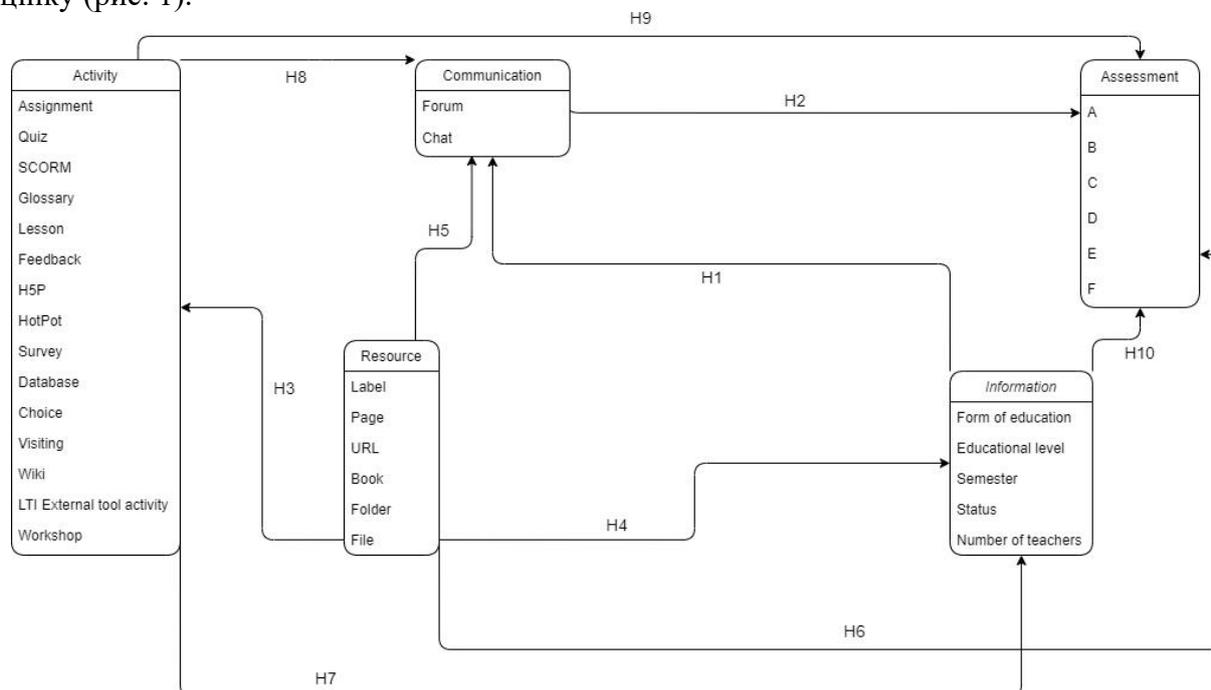


Рис. 1. Концептуальна модель взаємозв'язків між конструктами Moodle, що впливають на персоналізоване навчання студентів

Висунуто десять гіпотез щодо взаємозв'язків між цими конструктами. Зокрема, передбачається, що конструкти «Інформація» та «Комунікація» тісно пов'язані між собою (H1), оскільки ефективне інформування студентів про курс сприяє кращій комунікації. Водночас, активна комунікація (форуми, чати) може позитивно впливати на підсумкову оцінку студентів (H2). Конструкти «Ресурси» та «Діяльності» також очікувано матимуть значний взаємозв'язок (H3), адже ресурси (книги, файли, посилання) є основою для виконання різних навчальних діяльностей (тестів, завдань, проектів). Ресурси також тісно пов'язані з інформуванням студентів (H4) та комунікацією (H5), оскільки доступ до навчальних матеріалів є важливим для ефективного спілкування та розуміння курсу. Окрім того, якість та різноманітність ресурсів може безпосередньо впливати на оцінки студентів (H6). Діяльності, своєю чергою, є ключовими для залучення студентів до активного навчання, тому їх зв'язок з інформацією (H7) та комунікацією (H8) є очікуваним. Різноманітні інтерактивні діяльності в Moodle також можуть сприяти кращому засвоєнню матеріалу і, відповідно, підвищенню академічної успішності (H9). Нарешті, конструкт «Інформація», що стосується структурування курсу та надання відомостей про нього, може безпосередньо пов'язуватися з підсумковими оцінками студентів (H10).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Очікується, що активне та ретельне використання інтерактивних елементів у курсах Moodle сприятиме більш глибокому розумінню матеріалу студентами і, як наслідок, підвищенню академічної успішності. Для підтвердження або спростування висунутих гіпотез планується використати метод моделювання структурних рівнянь (SEM-PLS) у середовищі Adanco. Це дозволить дослідити силу зв'язків між конструктами та їх надійність.

Список використаних джерел

1. Henseler, J., 2021. Composite-Based Structural Equation Modeling: Analyzing Latent and Emergent Variables. New York, London: The Guilford Press.

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМУ ДЛЯ РІШЕННЯ І ПЕРЕВІРКИ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Шамшин О.П.

Національна академія Національної гвардії України, Харків, Україна

Анотація. Вирішення фізичних задач відіграє ключову роль в освітньому процесі, сприяючи досягненню низки важливих цілей: демонструє практичне застосування теоретичних знань, розвиває логічне мислення, конкретизує здобуті знання, пов'язує теорію з практикою та розвиває особистісні якості студентів. Об'єктом дослідження є процес навчання фізики за допомогою онлайн-платформи розв'язання фізичних задач (ФЗ). Предметом дослідження є методи та засоби використання штучного інтелекту (ШІ) для автоматизованої перевірки та оцінювання рішень ФЗ на онлайн-платформі. Отримані результати включають обґрунтування переваг застосування ШІ, серед яких автоматизація процесу перевірки, висока точність аналізу, виявлення помилок, об'єктивність оцінювання, масштабованість, адаптація до потреб користувачів. Розглянуто педагогічні наслідки впровадження ШІ у навчання фізиці та важливість збалансованого підходу для розвитку критичного мислення, творчості й урахування етичних міркувань.

Ключові слова: онлайн-платформа, штучний інтелект, фізичні задачі, перевірка, когнітивні аспекти, педагогічні наслідки.

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AN ONLINE PLATFORM FOR SOLVING AND CHECKING THE SOLUTIONS OF PHYSICAL PROBLEMS

Shamshin O.

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Abstract. Solving physical problems plays a key role in the educational process, contributing to the achievement of a number of important goals: demonstrates the practical application of theoretical knowledge, develops logical thinking, concretizes acquired knowledge, connects theory with practice, and develops personal qualities of students. The object of the study is the process of learning physics using an online platform for solving physical problems (PP). The subject of research is methods and means of using artificial intelligence (AI) for automated verification and evaluation of PP solutions on an online platform. The obtained results include substantiating the advantages of using AI, including automation of the verification process, high accuracy of analysis, error detection, objectivity of evaluation, scalability, adaptation to user needs. The pedagogical consequences of the introduction of AI in physics education and the importance of a balanced approach for the development of critical thinking, creativity and consideration of ethical considerations are considered.

Keywords: online platform, artificial intelligence, physical tasks, verification, cognitive aspects, pedagogical implications.

Вступ. Роботи [1, 2] досліджують вплив розв'язання фізичних задач на навчальний процес. Студенти отримують можливість бачити теорію у дії, що зміцнює їхнє ставлення до навчання. Вирішення задач сприяє розвитку різних якостей, таких як логічне мислення та самостійність. Проте комп'ютерне навчання може не враховувати індивідуальні особливості студентів. Комп'ютерне навчання здатне змінювати підхід до розв'язання ФЗ, роблячи навчання більш доступним та ефективним.

Постановка задачі. Розробити фронтенд для самостійного вирішення фізичних задач з можливістю використання ШІ на різних кроках як підкажчика, що пояснює хід рішення, а також бекенд із впровадженням сучасних моделей ШІ для автоматизованої перевірки та оцінки вирішення ФЗ

Мета роботи – Дослідити можливості та особливості використання моделей ШІ під час самостійного розв'язання та для автоматизованої перевірки ФЗ, з урахуванням когнітивних та педагогічних аспектів.

Основна частина. Створення онлайн-платформи для розв'язання та перевірки ФЗ можна поділити на дві частини. Перша частина - це програма розв'язання задач, яка включає розробку інтерфейсу для класичного запису рішення: умова задачі, розділ "Дано" з коротким записом вихідних даних в одиницях СІ, розділ "Знайти" із зазначенням шуканих величин, поле "Розв'язання" для запису ходу рішення, меню, що випадає, з формулами по поточному розділу фізики, меню з довідковими значеннями фізичних констант, а також меню "Дії" з кнопками для розв'язання рівнянь, підстановки, спрощення виразів, розрахунків, рисування та перевірки рішення. Основна складність першої частини полягає у можливості введення математичних рівнянь у форматі LaTeX, їх перетворень та розробки клієнтської частини програми. Інтерфейс створеної онлайн-платформи розв'язання та перевірки ФЗ показаний на рисунку 1.

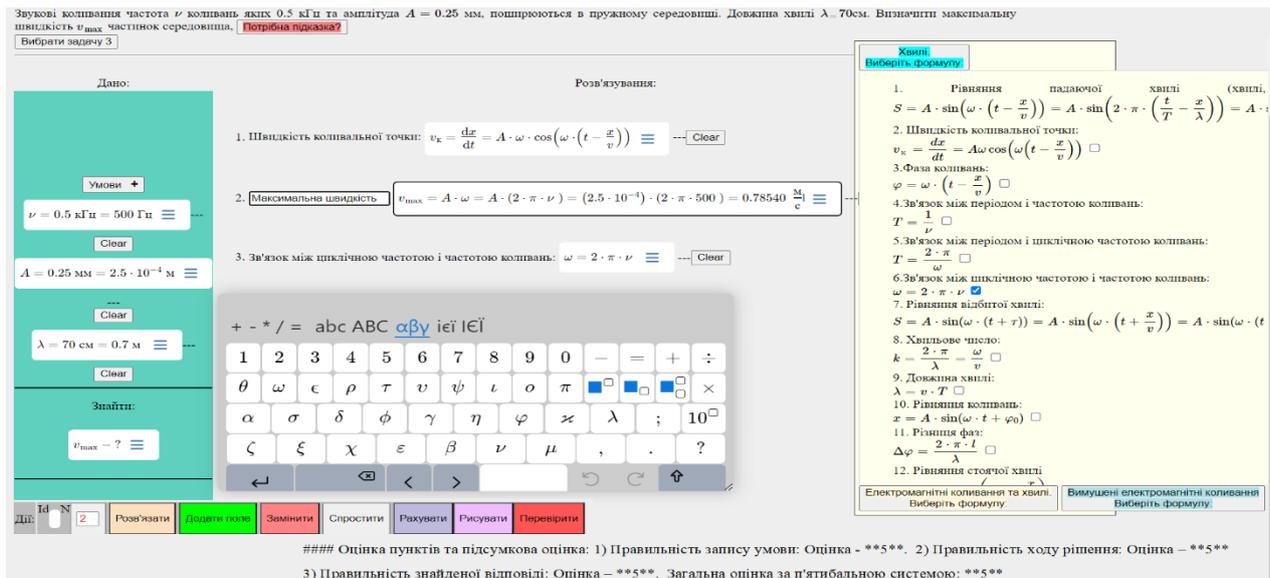


Рис. 1. Інтерфейс онлайн-платформи розв'язання та перевірки ФЗ

Друга частина – це бекенд-розробка, головна складність якої пов'язана з організацією адекватної системи перевірки розв'язання задачі. Це включає реакцію на натискання кнопки "Перевірити" для автоматичної перевірки та оцінки розв'язання ФЗ з використанням моделей ШІ таких, як ChatGPT, Gemini, Copilot, Claude. Ці моделі засновані на трансформерній архітектурі та навчені на великих обсягах текстових даних із застосуванням методів передавання трансформера та незауваженого навчання. Для мінімізації недоліків плануються додаткові методи навчання та тренування такі, як доменне, на синтетичних даних, інтерактивне тренування з роз'ясненнями, та налаштування моделей на предметну область фізичних задач, а також інтеграція додаткових механізмів перевірки та фільтрації зі застосуванням правила перевірки одиниць вимірювання та узгодженості формул/рівнянь, ручної перевірки, впровадження систем зворотного зв'язку.

Висновки. Запропоновано архітектуру онлайн-платформи, що включає модуль ШІ для оцінювання окремих кроків та результату рішення. Визначено складні питання, пов'язані з перевіркою задач, такі як різноманіття способів та послідовностей розв'язання, спрощення та групування виразів. Обґрунтовано переваги ШІ для перевірки задач: автоматизація, висока точність, об'єктивність, масштабованість, адаптивність.

Список використаних джерел

1. Shamshin A. Development and use of the program of automatic problem solving when conducting practical classes in physics at the university/ A.P. Shamshin //ScienceRise: Pedagogical Education. 2021. 5(44). С. 23 – 29. <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2021.241236>.
2. Шамшин О.П. Психолого-педагогічні проблеми комп'ютеризації розв'язку задач з фізики в технічному ЗВО/ О.П. Шамшин// Перспективи та інновації науки. Серія «Педагогіка». 2022. №13(18). С. 516 – 528. [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-13\(18\)-516-528](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2022-13(18)-516-528).

INFORMATION SYSTEM FOR STUDENT VIRTUAL EXCHANGE

Hovorushchenko T., Pavlova O., Kuzmin A.

Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

Abstract. The aim of investigation is to develop a unified information platform for virtual academic mobility of students within the Erasmus + Movex program. The objective of the study is to implement the concept of student virtual academic mobility. The object is student virtual academic mobility. The subject is the development of an information system for virtual academic mobility of students. The research aims to improve cooperation and communication among university units while training facilitators for Virtual Exchange Projects. Additionally, it seeks to enhance the qualifications of staff in working with mobile students and develop a platform for intercultural dialogue among students and educators from diverse backgrounds.

Keywords: Sustainable Development Goals, Student Virtual Mobility, Web Portal

Introduction. According to the concept of the UN to achieve the goals of sustainable development (SDG), namely goal 4 [1] - quality education, everyone has the right to quality education to overcome the unemployment crisis and the poverty line. Currently, advanced technologies in IT, such as artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR), are gaining momentum and take a significant place in the training of an IT specialists at the bachelor's or master's level. However, training courses of such technologies, as well as specialized equipment and laboratories for performing practical tasks, are far from available in all universities of Ukraine. Therefore, it is important to find a solution that would allow students to have the opportunity to complete a course of study that interests the applicant outside the walls of the university in which they are studying.

The purpose of the work. The study is aimed at the development of MOVEx "Common Information Space" (CIS) Web Portal that is a web-based system for educational content delivery. The partnering universities will be able to share the micro credential educational courses in order to organize virtual student exchange.

Formulation of the problem. The consequences of COVID-19 and already two years of full-scale war in Ukraine have shown that we are able to study remotely. Various commercial IT courses on various platforms have been developed for this purpose. And what about the academic mobility of students in conditions where travel abroad is limited or the host university is unable to provide places for a large number of willing students?

Solving the problem. As part of our participation in the Erasmus + MOVE-X project [2], we are developing an information system for the virtual academic mobility of students between the partner universities of the project, namely Wroclaw University of Science and Technology (Poland), Harokopio University of Athens (Greece), Tallinn University of Technology (Estonia), Ivan Franko Lviv National University (Ukraine), Kryvyi Rih National University (Ukraine), Kharkiv National University of Radio Electronics (Ukraine), Khmelnytskyi National University (Ukraine), Sukhum State University (Georgia), Shota Rustaveli Batumi State University (Georgia), State University named after Akakia Tsereteli (Georgia). In the proposed "Common Information Space" (CIS) Web Portal, partner universities host micro-credit courses (1-2 ECTS) on subjects that cover SDGs and offer students from partner universities taking one of the micro-credit courses and receive a certificate.

In the course of the study, system requirements were developed and user roles were identified. The requirements for the CIS are:

1. User Management
2. Assessment and Quizzes
3. Tracking and Reporting

4. Customization and Branding
5. Security
6. Scalability and Performance
7. User Support and Training
8. Mobile Compatibility
9. Databases

Users' categories and the role of partners in the process are presented in Figure 1.

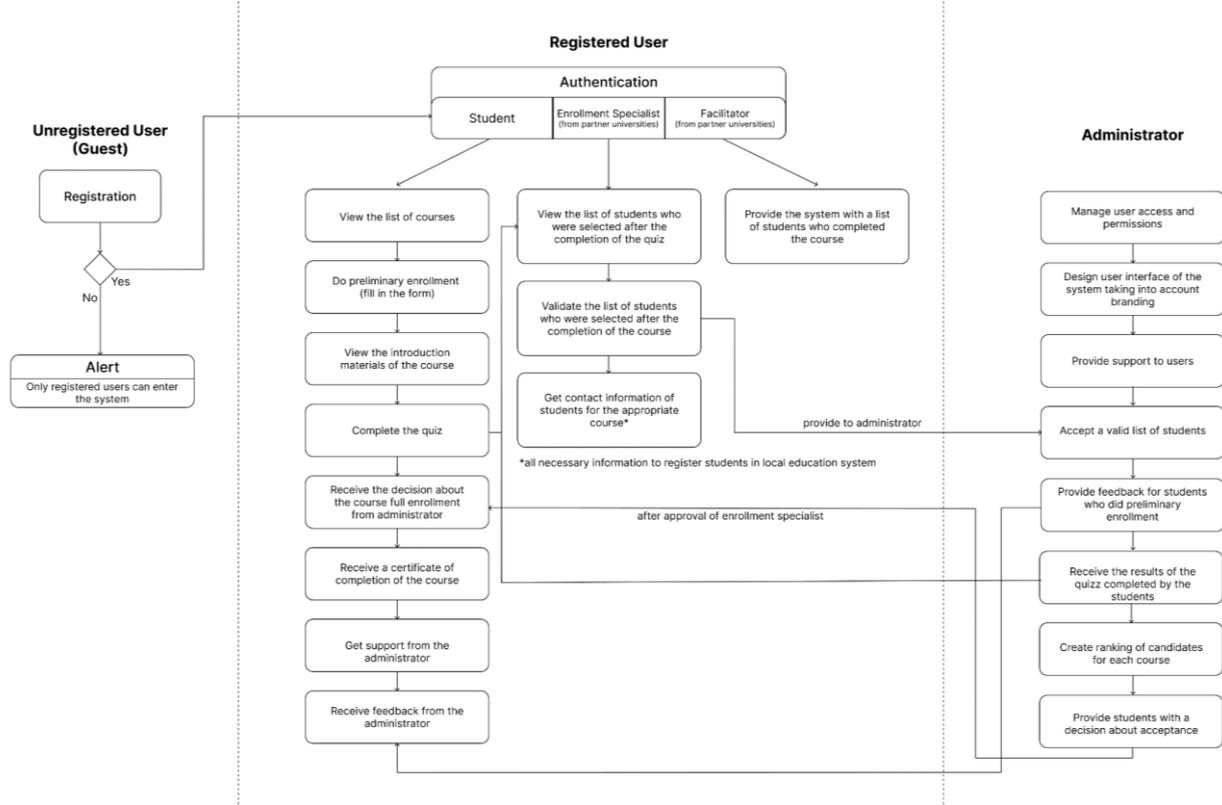


Fig. 1. MOVEx CIS Users' categories

The enrollment specialist is a person responsible for providing the access to the education system of each partner university. The facilitators of the courses are lecturers of partner universities, who can provide course content for students. Students can view the list of courses, do preliminary enrollment (fill in the form), view the introduction material for the course, complete the quiz, receive the decision about course full enrollment from administrator, receive a certificate of completion of the course, get support from the administrator, receive feedback from the administrator.

Conclusion. The development of a unified information system MOVEx "Common Information Space" (CIS) Web Portal for the virtual mobility of students will allow applicants to take microcredit courses from partner universities for free to expand their knowledge and acquire skills beyond the educational program of the universities they are studying at.

References

1. Sustainable Development Goals. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/education/>
2. Development of the Model and Common Information Space of Virtual Exchange Programs (MOVEx). URL: <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/how-to-participate/org-details/999999999/project/101083883/program/43353764/details>

BLENDING LEARNING IN COMPUTER SCIENCE TEACHER TRAINING

Mintii I.

Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. This research aims to contribute to the discourse on blended learning approaches in Computer Science teacher training programs in Ukraine. The objectives are twofold: 1) to determine the appropriate Ukrainian scientific term for “blended learning” given Ukraine’s ongoing European integration, and 2) to provide a comprehensive definition of “blended learning” by synthesizing various academic conceptualizations. The object of study is the concept of “blended learning” itself and how it can be applied to train future Computer Science teachers with the necessary digital competencies. The purpose is to support the professional development of educators so that they can effectively prepare students for success in the digital age. The methods employed include linguistic analysis of how “blended learning” is translated across European languages and an extensive literature review to synthesize definitions from prior research into a unified conceptual understanding. The key results are: 1) the proposed Ukrainian term “kombinovane navchannia” reflects an adaptive combination of learning modes; 2) a comprehensive definition views blended learning as an adaptive, pedagogically balanced integration of face-to-face, online, formal, informal, individual and collaborative learning facilitated by intelligent ICTs like machine learning, big data analytics, virtual reality, and AI tutoring systems. The findings highlight how blended learning provides access to rich educational data that can be processed by intelligent technologies to enable personalized, immersive experiences and predictive learning analytics. Promising future dimensions across philosophical, psycho-physiological, sociological, organizational, technological and synergistic factors are discussed.

Keywords: blended learning, Computer Science education, teacher training, educational technologies, kombinovane navchannia, intelligent ICTs.

Introduction. The digital transformation of education has become an imperative in today's rapidly changing world. The European Union has recognized the importance of this transformation through initiatives like the Digital Education Action Plan 2021-2027 and the Council Recommendation on blended learning approaches for high-quality and inclusive primary and secondary education. One key aspect emphasized in these initiatives is the integration of digital technologies into teaching and learning processes through blended learning approaches.

Blended learning has emerged as a powerful paradigm that combines the benefits of traditional face-to-face instruction with the flexibility and accessibility of online learning [1]. In the context of Computer Science teacher training, blended learning holds particular relevance as it can equip future educators with the necessary digital competencies to effectively prepare students for the digital age.

“Council conclusions on European teachers and trainers for the future” emphasize that teachers are a driving force that should be involved in the development of education and training policies and supported through a comprehensive approach to their teacher education, teacher training, and continuing professional development, including digital competencies. In addition, the European Commission’s structured dialogue with EU Member States on digital education and digital competencies has highlighted the challenges faced by most Member States in recruiting (attracting), retaining, and training teachers, especially Computer Science teachers (for primary, secondary and vocational education) [2, 12].

The goal of the work. This paper aims to contribute to the discourse on blended learning in Computer Science teacher training by addressing two main objectives: 1) to substantiate the appropriate Ukrainian scientific term for “blended learning” in light of Ukraine’s ongoing European integration processes; 2) to provide a comprehensive definition of the term “blended learning” by synthesizing various academic perspectives and conceptualizations.

Formulation of the problem. In pursuing these objectives, the study confronts several critical contradictions: a) the discrepancy between the European requirements for the professional competencies of Computer Science teachers and the lack of well-defined national standards for Computer Science teacher training in Ukraine; b) the untapped potential of intelligent technologies in education and the absence of established methods for leveraging these technologies in the

implementation of blended learning; c) the necessity to develop professional competence in blended learning for future Computer Science teachers, coupled with the lack of a well-defined structure, components, and diagnostic tools to facilitate this development.

To address the first objective, we conduct a linguistic analysis of the term “blended learning” by examining its various translations and interpretations across European languages [3]. This analysis leads to the conclusion that the most appropriate Ukrainian scientific term is “kombinovane navchannia”, reflecting the notion of an adaptive combination and integration of different learning modalities.



Fig. 1. Definition of “blended learning” on the European map: countries that use the word “combining” are marked with a green marker, “mixing” with a red marker, “mixing” and “combining” with a blue marker

Regarding the second objective, we synthesize various academic definitions and perspectives to arrive at a comprehensive understanding of blended learning. Based on this synthesis, we define blended learning as a planned, pedagogically balanced, adaptive combination, interpenetration, and integration of technologies (face-to-face and distance learning, formal and non-formal learning, real and virtual, individual and collective learning) to optimally meet the educational needs of the subjects of the educational process using intelligent ICTs.

A central aspect highlighted in this definition is the role of intelligent technologies, such as machine learning models and methods for processing big data on the educational process. These technologies hold the potential to predict potential crises at the learner and system levels, enabling adaptive and personalized learning experiences:

1. Learning analytics and personalization intelligent ICTs like machine learning models can analyze data on learner activities, engagement, emotions, stress levels etc. to enable individualization and personalization of learning paths, activities, and assessments based on each learner’s needs [4].

2. Automated support and feedback AI systems can automatically monitor online sessions, identify patterns of interest/disengagement, and provide customized support, feedback and interventions in real-time to keep learners engaged and on-track [5].

3. Virtual and immersive learning technologies like virtual reality, augmented reality and AI-driven simulations can create highly immersive and experiential learning environments, especially valuable for domains like computer science which require interaction with abstract concepts [6].

4. AI-powered tutoring systems can guide learners through concepts, provide step-by-step problem-solving support, and adapt their inputs based on the learner's knowledge state [7].

Conclusions. The answers to the research questions obtained in the course of the study made it possible to define blended learning terminologically as combined learning and content-wise as a planned, pedagogically balanced, adaptive combination, interpenetration and integration of technologies (full-time and distance learning, formal and non-formal learning, real and virtual, individual and collective learning) to optimally meet the educational needs of the subjects of the educational process using intelligent ICTs.

The implementation of blended learning provides access to big data on the educational process and the possibility of using intelligent technologies (primarily machine learning models and methods) to process them and predict possible crises at the level of learners and the system as a whole. In particular, intelligent technologies make it possible to determine the degree of interest of participants in an online class, their emotional state, stress level, etc., which creates conditions for automating individualization and personalization of learning. Therefore, the main concepts that need to be considered for the development of a blended learning system should be: personalization of learning, intellectualization, big data, learning analytics, virtualization of learning, and immersion based on student experience.

Looking ahead, we outline several promising dimensions of blended learning, including philosophical – the ratio of real and model (virtual) in learning; psychophysiological – individualization of learning based on the emotional state, stress level, etc.; sociological – the ratio of individual and collective, face-to-face and distance learning, desired and forced mobility of learners; organizational and pedagogical – the ratio of formal and informal learning; information technology – the ratio of traditional and intelligent technologies in learning, accessibility and scientificity, real and virtual visibility; synergistic – the ratio of classical machine learning methods and methods of studying complex systems to identify crisis phenomena.

References

1. Tryus, Y. V., & Herasymenko, I. V. (2012). The combined study as innovative educational technology in higher education. *Theory and methods of e-learning*, 3(1), 299–308. URL: <https://doi.org/10.55056/e-learn.v3i1.353>
2. Council Recommendation on improving the provision of digital skills and competences in education and training (2023). URL: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15740-2023-INIT/en/pdf>
3. Mintii, I. S. (2023). Blended learning: definition, concept, and relevance. *Educational Dimension*, 8, 85–111. URL: <https://doi.org/10.31812/ed.539>
4. Doroudi, S. (2024). On the paradigms of learning analytics: Machine learning meets epistemology. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, 100192. URL: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100192>
5. Pishtari, G., Sarmiento-Márquez, E., Rodríguez-Triana, M. J., Wagner, M., & Ley, T. (2024). Mirror mirror on the wall, what is missing in my pedagogical goals? The Impact of an AI-Driven Feedback System on the Quality of Teacher-Created Learning Designs. *Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference*. URL: <https://doi.org/10.1145/3636555.3636862>
6. Munde, A., & Kaur, J. (2023). The Metaverse: A New Frontier for Learning and Teaching from the Perspective of AI. *Studies in Computational Intelligence*, 101–119. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48397-4_6
7. Ni, A., & Cheung, A. (2022). Understanding secondary students' continuance intention to adopt AI-powered intelligent tutoring system for English learning. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3191–3216. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11305-z>

РОЗВИТОК МОЛОДИХ ІТ-ФАХІВЦІВ: ПРОБЛЕМИ І НАПРЯМИ ЇХ ПОДОЛАННЯ (КЕЙС УКРАЇНИ)

Даниленко О.А., Поплавська О.М., Данилевич Н.С., Сільченко М.В.

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна

Анотація. Робота присвячена аналізу проблем та виробленню пропозицій з удосконалення розвитку молодих ІТ-фахівців в Україні. З цією метою в роботі було проведено соціологічне дослідження серед випускників – молодих ІТ-фахівців, компаративний аналіз освітніх програм з їх підготовки. Предметом дослідження є компетентності та потреби у їх розвитку, затребувані ринком праці в сучасних умовах. Згідно з одержаними результатами виявлено ключові характерні для ринку України потреби у розвитку актуальних компетентностей: професійні навички (знання мов програмування), знання іноземних мов, особистих навичок, навичок тайм-менеджменту, роботи з сучасними ІТ технологіями. Вагомими виявилися потреби у розвитку лояльності до компанії, патріотичності, створенні сприятливої (нетоксичної) атмосфери та гідній праці, побудові персоналізованої кар'єрної траєкторії молодого ІТ-фахівця, що здебільшого було результатом недостатнього бюджету для розвитку, низькою мотивацією молодих ІТ-фахівців. У подальшому пропонується вивчення питання критеріїв вибору методів навчання з урахуванням особливостей різних поколінь та побудови індивідуальних планів розвитку за принципом безперервної освіти.

Ключові слова: компетентності, розвиток персоналу, ІТ-сфера, навчання.

DEVELOPMENT OF YOUNG IT-SPECIALISTS: PROBLEMS AND WAYS TO OVERCOME THEM (THE CASE OF UKRAINE)

Danylenko O., Poplavska O., Danylevych N., Silchenko M.

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

Abstract. The work is dedicated to the analysis of problems and the creation of proposals for improving the development of young IT-specialists in Ukraine. For this purpose, a sociological study was conducted among graduates — young IT-specialists, and a comparative analysis of educational programs for their training was carried out. The subject of the research is competencies and the need for their improvement as demanded by the labor market in modern conditions. The key requirements for the development of relevant competencies characteristic of the Ukrainian market were identified as per the obtained results: professional skills (knowledge of the programming language), knowledge of foreign languages, personal skills, time management skills, and working with modern IT technologies. The need for developing commitment to the company, patriotism, creating a favorable (non-toxic) atmosphere, decent work, and building a personalized career trajectory for a young IT-specialist turned out to be significant. This was mostly the result of an insufficient budget for the development of young IT-specialists and their low motivation for development. It is proposed in the future to study the criteria for the selection of learning methods that take into account the characteristics of different generations and build individual development plans based on the principle of continuous education.

Keywords: competencies, personnel development, IT-sphere, training.

Вступ. Рівень розвитку ІТ-сфери значною мірою впливає на конкурентоспроможність країни в світі, на визнання її як локомотива економічного розвитку глобального світу. Динамічність змін у цій сфері вимагає постійного оновлення компетентностей працівників, що реалізується переважно через навчання в закладах вищої освіти (ЗВО), але не менш вагомими стають результати навчання інклюзивної освіти та дуальної освіти. Разом з тим перед компаніями посилюється значимість розвитку персоналу.

Актуальність проблеми розвитку молодих ІТ-фахівців в українських організаціях ми пов'язали з поглибленим дослідженням таких, мало вивчених в Україні питань, як: персоналізація розвитку молодих ІТ-фахівців з позиції їх потреби у цьому, потреби безперервного навчання та розвитку молодих ІТ-фахівців, потреби у розвитку технічних «hard skills» та універсальних «soft skills», безперервності процесу адаптації молодих ІТ-

фахівців до внутрішніх змін в організації та глобальних змін у світі та потреби у безперервному розвитку.

Мета роботи – дослідити потреби у розвитку актуальних компетентностей молодих ІТ-фахівців (на прикладі українських компаній), з'ясувати основні проблеми у цій царині та запропонувати напрями їх подолання, враховуючи затребувані методи навчання.

Дослідження потреб у компетентностях здійснювалося методом контент-аналізу фактичних запитів роботодавців під час пошуку кандидатів на вакантні посади ІТ-фахівців та їх систематизації й узагальнення. Для цього було опрацьовано відповідні заявки (протягом вересня – грудня 2023 року; всього – 267 заявок) по основним сайтам пошуку роботи в країні (сайти <https://jobs.dou.ua>; <https://work.ua>) та результати попередніх досліджень [1, 2].

Здійснюючи компаративний аналіз компетентностей ІТ-фахівців, затребуваних на українському ринку праці, дійшли висновку, що найбільше вони відповідають за змістом загально визнаним компетентностям, які світовий економічний форум «The Future of Jobs Report 2020» [3] вважає найбільш актуальними. Тому їх перелік було покладено в подальший аналіз змісту навчальних програм, потреб у навчанні компетентностям ІТ-фахівців.

Успішний кар'єрний старт молодого ІТ-фахівця зумовлений набутими ним компетентностями у закладах вищої освіти. Оскільки між університетами існує суттєва конкуренція за здобувачів вищої освіти, це впливає на зміст освітніх програм, за якими навчаються майбутні ІТ-фахівці. А це, у свою чергу, висуває додаткові вимоги до наповнення дисциплін, до проголошених компетентностей, яких мають набути майбутні ІТ-фахівці.

Аналізуючи затверджені стандарти вищої освіти, за якими навчають майбутніх ІТ-фахівців, очевидними є відповідність професійних компетентностей потребам ринку в частині набуття «hard skills»: «аналітичне мислення» представлене спеціальними компетентностями, як-то здатність виявляти закономірності, використовувати математичні моделі, тощо; компетентність «здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу» представлена здатностями інтелектуального аналізу даних, системного мислення; вміння «раціоналізувати процеси» – через компетентності забезпечити організацію обчислювальних процесів, розробки мережевого програмного забезпечення, управляти процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем (у т.ч. продуктів і сервісів) і т.п. Водночас заявлені загальні компетентності – «soft skills» – представлені переважно здатностями «спілкування іноземною та державною мовами», «діяти на основі етичних міркувань» (лише за деякими стандартами, що мають фазову міждисциплінарність – «системний аналіз», «економічна кібернетика» – передбачені здатності до креативного мислення, міжособистісної взаємодії, адаптації до нової ситуації) [4].

Вивчення потреб у розвитку компетентностей ІТ-фахівців вимагало проведення відповідних опитувань, за якими у жовтні-грудні 2023 р. працюючі в ІТ-сфері випускники 2023 року Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана зазначили низку недоліків їх розвитку в українських організаціях, узагальнення наведено на рис. 1.

Враховуючи наведені недоліки були запропоновані та обґрунтовані заходи удосконалення процесу розвитку молодих ІТ-фахівців, серед яких складання плану розвитку персоналу; запровадження персоналізованого підходу до розвитку молодих ІТ-фахівців, враховуючи їх потреби у цьому; використання сучасних методів розвитку молодих ІТ-фахівців (такі як: e-learning, гейміфікація, mobileapp тощо), мотивації, тощо.

Висновки. Підводячи підсумки, слід відмітити, що успіхи у кар'єрі молодого ІТ-фахівця в Україні зумовлені набутими ним компетентностями у ЗВО. Вагомими виявилися потреби у розвитку лояльності до компанії, патріотичності, створенні сприятливої (нетоксичної) атмосфери та гідній праці, побудові персоналізованої кар'єрної траєкторії молодого ІТ-фахівця, що здебільшого було результатом недостатнього бюджету для їх розвитку, низькою мотивацією молодих ІТ-фахівців до розвитку. Отже, вагомим науково-практичним здобутком дослідження є обґрунтування розбіжностей у підходах щодо

розвитку компетентностей закладами вищої освіти та бізнес-компаніями, що можливо подолати у разі гармонізації потреб ринку праці та змісту освітніх програм.



Рис.1. Основні недоліки розвитку молодих ІТ-фахівців, з їх точки зору, в українських організаціях, %

Джерело: власне соціологічне дослідження, 2023 р.

Список використаних джерел

1. Škrinjarić, B. Competence-based approaches in organizational and individual context. *Humanit Soc Sci Commun* 9, 28 (2022). <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01047-1>.
2. Wiek, A., Keeler, L., & Redman, C. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203-218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>.
3. The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf?fbclid=IwAR1xvEeKhW88WQzsd9_xOuSNJ2tn8lGLpc6b6E3L2nppf6i7We84q5jGmGc.
4. Затверджені стандарти вищої освіти (спеціальностей першого (бакалаврського) рівня вищої освіти: 122 «Комп'ютерні науки» № 962 від 10.07.2019 р.; 124 «Системний аналіз» № 124513.11.2018 р.; спеціальностей другого (магістерського) рівня вищої освіти: 122 «Комп'ютерні науки» № 393 від 28.04.2022 р.; 124 «Системний аналіз» № 331 від 18.03.2021 р.). URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/visha-osvita/naukovo-metodichna-rada-ministerstva-osviti-i-nauki-ukrayini/zatverdzeni-standarti-vishoyi-osviti> (дата звернення: 08.03.2024).

ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ІТ-ФАХІВЦІВ ЯК УМОВА АКТИВІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Захарова О.В.¹, Гулак Д.В.²

¹Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна

²Брюнельський університет Лондона, Лондон, Велика Британія

Анотація. В повоєнний період Україна буде потребувати заходів з відновлення економіки та одночасного захисту від всіх видів загроз, що потенційно можуть походити від агресивної сусідньої країни. Успішно реалізувати цю задачу за сьогоденного світового рівня розвитку технологій можливо виключно на високотехнологічних засадах із запровадженням цифрових трансформацій у всі сфери життя українців. Реалізувати таку складну задачу в умовах відсутності достатності фінансових ресурсів у вимотаній війною економіці країни можливо виключно завдяки підготовці у ЗВО країни достатньої за чисельністю, конкурентної за професійним рівнем та мотивованої до

ефективної праці в рідній країні армії ІТ-фахівців. З цією метою в роботі проведено глибокий аналіз тих ключових компетентностей, які сьогодні надають провідні ЗВО країни випускникам ІТ-спеціальностей. Досліджено досвід провідних світових університетів у цій сфері. Здійснено порівняння достатності компетентностей, які дозволяють сформувати діючі в Україні профільні освітні програми.

Ключові слова: цифрова трансформація, ІТ-фахівці, ЗВО, ключові компетентності, Україна, відновлення економіки.

FORMATION OF KEY COMPETENCES OF IT SPECIALISTS AS A CONDITION FOR ACTIVATION OF THE RECOVERY PROCESSES OF UKRAINE'S ECONOMY

Zakharova O.¹, Hulak D.²

¹Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

²Brunel University London, London, United Kingdom

Abstract. After the war, Ukraine will need to take measures to restore its economy and simultaneously protect itself from all sorts of threats that could potentially come from an aggressive neighboring country. It is only possible to successfully implement this task at the current global level of technological development on a high-tech basis with the introduction of digital transformations in all spheres of Ukrainian life. It is possible to implement such a complex task in the absence of sufficient financial resources in the war-torn economy of the country only by training a sufficient number of competitive and motivated IT Experts in the country's higher education institutions who are willing to work effectively in their home country. To this end, the work conducted a deep analysis of the key competencies that leading higher education institutions in the country currently provide to their IT graduates. The experience of leading world universities in this field was studied. A comparison was made of the sufficiency of competencies that allow the formation of specialized educational programs operating in Ukraine.

Keywords: digital transformation, IT Experts, university, key competencies, Ukraine, economic recovery.

Вступ. Сьогодні в Україні йде війна, проте обов'язково настане момент, коли Україна звільнить від загарбників всі свої території і почне відбудовувати країну заново і за сучасними принципами – із широким використанням новітніх цифрових технологій. До того ж, агресивний сусід нікуди не подінеться і тому подальша доля України буде залежати від її здатності власними силами забезпечити всі види безпеки – від військової і територіальної до інформаційної і цифрової. Одночасно реалізувати ці два напрями можливо за наявності в країні достатньої за кількістю і професіоналізмом армії ІТ-фахівців, які не тільки будуть здатними виконувати на високому професійному рівні поставлені задачі, а й матимуть високий рівень вмотивованості залишитися в країні та брати безпосередню участь у різних проєктах з її відновлення та захисту. Тому на даному етапі актуальним є питання обґрунтування тих ключових компетентностей, які українські ЗВО мають вже сьогодні формувати у випускників ІТ-спеціальностей.

Мета роботи – визначення тих ключових компетентностей, які мають бути сформованими у випускників ІТ-спеціальностей ЗВО України, що має стати підґрунтям для запровадження цифрових трансформацій у всі сфери життєдіяльності людини й забезпечення тенденцій інноваційного розвитку економіки країни в повоєнний період.

Постановка проблеми. ІТ-сектор України, не зважаючи на повномасштабну війну, продовжує розглядатися у світі як досить перспективний завдяки потужному людському потенціалу країни й інтенсивному розвитку ІТ-інфраструктури та бізнесу [1]. Водночас Україна сьогодні вимушено стає донором ІТ-талантів для розвинутих країні світу, так як за час повномасштабної війни виїхало за межі країни не менше ніж 16% перспективних ІТ-фахівців [2]. Продовження означеної тенденції буде поступово скорочувати внутрішній потенціал економіки країни до швидкого відновлення на засадах цифрових трансформацій у повоєнний період. Тому, враховуючи обмеженість ЗВО України у забезпеченні потреби

ринку країни у високопрофесійних ІТ-фахівцях [3] головна увага має бути приділена якості освітнього процесу, пошуку талантів.

Виклад основного матеріалу. Тенденції, які переживає світ останні п'ять років, спонукали до більш інтенсивного розвитку ІКТ та проникнення їх у всі сфери життя та праці людини [4]. Сьогодні вже можна точно стверджувати, що від того, наскільки ефективно та широко будуть використовуватися цифрові можливості і технології країною, будуть залежати швидкість її економічного розвитку, забезпечення гідного рівня і якості життя населення та безпека. Тому дуже важливо приділяти достатньо уваги якості підготовки ІТ-фахівців в країні, щоб забезпечити внутрішній потенціал цифрового та технологічного прориву у всіх видах її економічної діяльності. З метою оцінки такого потенціалу проаналізовано освітні програми провідних ЗВО України, спрямовані на підготовку широкого спектру ІТ-фахівців. Визначено ті ключові компетентності, які формуються під час навчання провідними українськими ЗВО в сфері ІТ. Проаналізовано структуру ключових компетентностей, які сьогодні формують у випускників ІТ-спеціальностей українські провідні ЗВО. Оцінено готовність сучасних ІТ-випускників ЗВО України вирішувати надскладні задачі щодо прискорення цифрової трансформації всіх сфер забезпечення життєдіяльності країни під час війни та брати безпосередню участь у процесах відновлення на цих засадах економіки країни в повоєнний період.

На основі аналізу освітніх програм в ІТ-сфері, які реалізуються провідними університетами світу, було здійснено порівняння підходів до підготовки українських та зарубіжних ІТ-фахівців, зроблено висновки щодо тих аспектів, які мають бути врахованими при підготовці майбутніх українських ІТ-фахівців задля забезпечення потужних темпів відновлення економіки країни в повоєнний час. Обґрунтовано важливу роль ІТ-освіти у справі інтеграції ветеранів війни та осіб з інвалідністю до повноцінного життя, самозабезпечення та суспільно корисної праці через здобуття ІТ-фаху.

Висновки. Проведене дослідження дозволило розкрити ті ключові компетентності, завдяки опануванню яких випускниками ІТ-спеціальностей Україна зможе швидко відновити свою економіку та стати лідером у сфері цифрових технологій.

Список використаних джерел

1. ІТ-імідж України у світі. Дослідження. Brand Ukraine. URL: https://brandukraine.org.ua/documents/101/Ukraines_IT_perceptions_report_web_29_09_2023.pdf.
2. Atlas Sequoia's guide to Europe's technical talent. June 2023. URL: <https://www.sequoiacap.com/wp-content/uploads/sites/6/2023/06/Sequoia-Atlas-Final.pdf>.
3. Zakharova O., Prodanova L. The Potential of Higher Education in Ukraine in the Preparation of Competitive IT Specialists for the Post-War Recovery of the Country's Economy. *In Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2023. Vol. 178, pp. 582–595. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_35.
4. Future of IT report. The ultimate guide for IT buyers, investors and experts 2023. URL: https://d1aettbyeyfilo.cloudfront.net/emerging europe/30982500_1680870213929FUTURE_OF_IT_REPORT_2023.pdf.

З М І С Т

А. Теоретичні та практичні аспекти створення сучасних інформаційно-комунікаційних систем / Theoretical and practical aspects for creating modern information and communication systems.....	6
Konovalenko S., Krasenko A., Sezonchuk S., Bilous I., Trunova E. Geoinformation technologies for improving municipal governance and urban development: analysis and prospects.....	6
Khamar I., Fechan A. Effectiveness of mobile application UI/UX-design assessment using the mann-whitney-wilcoxon method.....	8
Prazian. M. Cross-disciplinary cooperation for digital resilience.....	10
Suprunenko I. Message passing systems in modern applications and their role in adaptive logging method.....	12
Строкань Д. В., Семко І.Б. Вплив ІТ-технологій на інтеграцію відновлюваних джерел енергії у енергетичну систему України.....	14
Супруненко О.О., Онищенко Б.О., Гребенович Ю.Є. Спосіб виявлення тупиків у моделях програмних систем.....	16
Тазетдінов В.А., Сисоєнко С.В., Тазетдінов О.В. Нейромережева система підбору інвентаря для настільного тенісу з елементами криптозахисту.....	18
Ткач В., Литовченко В., Підгорний М., Барвінок Р, Ланських Є.В. Комплексна оцінка відмов та ризиків інформаційної системи «водій-транспортний засіб-середовище».....	20
В. Інформаційні технології моделювання складних систем / Information technology in modeling complex systems.....	23
Adhami H., Murr P., Honcharov A., Mogilei S. Tactile interaction of flat braille displays.....	23
Budanov P., Oliinyk Yu., Cherniuk A., Brovko K. Dynamic fractal cluster model of informational space technological process of power station.....	25
Cherednikov O., Iurchenko M., Marchak K. Probability calculations of space debris collision with an active space object.....	27
Hodlevskiy Y., Vakaliuk T. Anomaly detection.....	29
Khomiak E., Trishch R., Zabolotnyi O., Cherniak O., Lutai L., Katrich O. Automated mode of improvement of the quality control system for nuclear reactor fuel element shell tightness.....	31
Нікітченко Ю., Бакуліч О., Голоденко В. Сучасні мобільні технології для покращення еколого-економічної ефективності транспортного підприємства.....	33
Вислоух С.П., Волошко О.В., Іваненко Р.О. Моделювання та оптимізація роботи виробничих систем.....	35
Мисник Б.В., Вакуленко Н.П. Підвищення якості програмного забезпечення шляхом застосування імітаційного моделювання.....	37
Підгорний М., Засядько А., Бойко В., Литовченко В., Денчик О. Комплексна оцінка ефективності логістичних інформаційно-керуючих систем.....	39
Підгорний М.В., Смоляр Р.А. Комп'ютерне моделювання систем централізованого теплопостачання на основі ГІС.....	41
Пількевич І. А., Мірошніченко С. І., Лобода В. В. Інформаційна система автоматизованої обробки відомостей, що надходять.....	43

Самойлов В.Д., Сметана Є.С. Комп'ютерна технологія створення протиаварійного тренажера на основі інформаційної моделі діяльності диспетчера ОСР.....	45
Федорович О.Є., Лутай Л.М., Тріщ Р.М., Заболотний О.В., Хом'як Е.А., Нікітін А. О. Моделювання оптимального процесу обслуговування авіаційної техніки з використанням декомпозиції компонентної архітектури складного виробу.....	47
С. Інформаційні технології в техніці та робототехніці / Information technology in engineering and robotics	50
Kukharchuk V., Holodiuk V., Koval A., Vasilevskyi O., Trishch R. Adaptive algorithms for quantization error normalization of digital encoder-based tachometers.....	50
Kupriyanov O., Hrinchenko H., Dichev D., Bondarenko T., Tsykhanovska I. Creating operation cycle diagram for two-station FMS.....	53
Mukovoz V., Vakaliuk T., Semerikov S. Comparative analysis of existing road sign recognition systems in vehicles.....	55
Fedorov E., Babenko V., Honcharov A., Chepynoha A., Utkina T. Neural network models for approximation of one-dimensional signals.....	58
Антоненко С.В., Бондаренко М.О. Прогнозування забруднення повітря твердими частинками пилу PM _{2,5} та PM ₁₀ із залученням методу на основі штучного інтелекту.....	60
Базіло К.В., Бондаренко М.О., Фауре Е.В., Усик Л.М., Антонюк В.С., Верцанова О.В., Бондаренко Ю.Ю. Особливості математичного моделювання п'єзоелектричних компонентів пристроїв інформаційно-комунікаційних та робототехнічних систем.....	63
Буковський О.М., Вислоух С.П. Застосування адаптивних алгоритмів в системах контролю параметрів міжблокових електричних з'єднань.....	66
Заболотний О.В., Ходєєв А.А. Аналіз наявних методів та перспектив удосконалення автоматизованих систем виготовлення водно-паливних емульсій.....	68
Іванченко О.В., Казнадєй С.О. Інформаційна технологія спостереження за рухомими потенційно небезпечними об'єктами з застосуванням безпілотних літальних апаратів...	70
Лукашенко В.М., Григор О.О., Зубко І.А., Лукашенко А.Г., Гардер Д.А., Лукашенко В.А., Shchukin V. Формування інформаційної бази ефективних компонентів в умовах дрібносерійного виробництва.....	72
Мартиненко С.С., Кондрашин Є.М., Кутирь В.В., Тележинський В.Д., Круль К. Адаптивне виявлення імпульсних сигналів в умовах неповної визначеності негауссівських завад.....	74
Пилипенко Т.М., Туз В.В. Особливості застосування інформаційних технологій для мережевого управління лазерним комплексом.....	76
Тичков Д.В., Титаренко В.С., Бондаренко М.О. Інформаційні технології для дослідження електричних полів надмалої потужності.....	79
Топгун А.В., Басараб О.С. особливості застосування інформаційних технологій в системах управління комплексами альтернативної енергетики.....	82
Філімонов С.О., Базіло К.В., Філімонова О.С., Філімонова Н.В. Метод керування крилами літаючого мініробота розміром з комаху за допомогою п'єзоелектричного повітрявипромінювача.....	84
Чубок А.О., Туз В.В., Пилипенко Т., Коваленко Ю.І., Мацепа С.М. Інформаційні технології в адаптивному управлінні процесом високоінтенсивного поверхневого мікрооброблення.....	87

D. Інформаційно-комунікаційні технології в управлінні / Information and communication technology in management.....	90
Borysenko I., Petrenko K., Skorobogatova N., Ivanova T. Organisational mechanism of the system of monitoring and environmental control of dangerous goods transport.....	90
Dolzhanskiy A., Bondarenko O., Maksakova O. Influence of the characteristic factors number taken into account on the complex quality indicator in the rolled steel plates manufacture.....	92
Lukianov D., Kolesnikova K., Mukhamediyeva A. Combination of roles and competencies in the project team.....	94
Adamov O., Черненко Ю., Данченко О., Мисник Б., Бєлова О. Інформаційна технологія протиризикового управління проектами розвитку провайдерів житлово-комунальних послуг.....	96
Varanovskyi O., Близнюкова І., Тєслєнко П., Мисник Л., Оксамитна Л. Інформаційна технологія креативного управління ІТ-проектами.....	98
Bieliatynskyi A., Бакуліч О.О., Бокий А., Кіс І., Півень О. Концептуальна модель цифрової трансформації процесів управління підприємством.....	100
Bieliatynskyi A., Бакуліч О., Самойленко Є., Голоденко В., Кіс І. Застосування геоінформаційних систем в проектах управління екологічним станом міста.....	102
Борисов О.В., Борисова Н.І. Особливості управління часом команд ІТ-проектів з використанням квадранта Стівєна Кові.....	104
Данченко О.Б., Куліков О.М. Модель формування портфелів проектів в галузі дорожнього будівництва.....	106
Іщенко В.А., Кравчук І.В. Ціннісно-орієнтоване управління проектами пасажирських перевезень в умовах діджиталізації.....	109
Максимов А.Є., Триус Ю.В. Інформаційна технологія визначення рівнів ризиків та їх пріоритетів в управлінні проектами.....	111
Rychlik A., Семко О.В., Бєдрій Д.І., Маршак О.І., Нєстерєнко А.М. Інформаційна технологія управління інформаційними ризиками в проектах в умовах цифрової трансформації.....	115
Тєслєя Ю.М., Єгорченкова Н.Ю., Хлєвна Ю.Л., Єгорченков О.В., Катаєва Є.Ю., Латишева Т.В. Застосування цифрових двійників проектно-орієнтованих виробництв у цифровому проектному менеджменті.....	117
Ткаченко Є.В., Триус Ю.В. Інформаційні технології управління командою в умовах віддаленої роботи.....	119
Ткаченко Ф.В., Данченко О.Б. Особливості управління бізнес-процесами в інжинірингових компаніях.....	121
Торба Т.В., Федотова Н.О. Інформаційно-комунікаційні технології управління конфліктами в розподілених ІТ-проектах.....	123
E. Інформаційні технології у сфері інтелектуальних обчислень / Information technology in intelligent computing.....	126
Bubela T., Yatsyshyn S., Skoropad P., Kuts V. Measurements of content in area of soft metrology by artificial intelligence.....	126
Krasnoshlyk N., Serdiuk O., Abakumov S. Development of an intelligent system for object recognition using neural network ensembles.....	128
Semerikov S. O., Mintii I. S. Automating literature screening with large language models.....	130

Tsypliak O., Artemchuk V. Console application development for articles' highlights generation based on ai designed using autonomous LLM.....	132
Бурдаєв В.П. Про особливості розробки інтелектуальних систем для платформи Android.....	134
Владов С.І. Нейромережева апроксимація параметрів газотурбінних двигунів вертольотів.....	136
Жирякова І.А., Осауленко І.А. Геопросторовий аналіз та оцінка зруйнованих територій.....	138
Карапетян А.Р., Федоров Є.Є., Мірошкіна І.В., Палагіна О.А., Нестеренко А.М. Метод розпізнавання віку людини за зображенням обличчя на основі ансамблю нейромережевих класифікаторів.....	140
Никоненко А.О. Підходи до визначення текстів згенерованих штучним інтелектом.....	142
Тичков В.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В., Тичкова Н.Б. Використання сурогатних моделей на основі штучного інтелекту для розв'язку обернених задач оптимізаційним методом.....	144
Чередніков О.М. Інтелектуалізація призначення оптимальних допусків розмірних зв'язків технологій і конструкцій.....	148
Федоренко В.С., Заєць В.М., Триус Ю.В. Адаптивні процедури методу PSO та їх програмна реалізація.....	151
Шевченко С. В. Багатокритеріальна оптимізація рішень задач вибору.....	155
F. Інформаційно-комунікаційні системи та мережі / Information and communication systems and networks.....	157
Volk I., Ivanov O., Artyukhova N., Artyukhov A., Dluhopolskyi O. Comparative study of pre-attentive visual attention analysis instruments: 3M VAS and iMotions as AI-based vs human-based experiments.....	157
Yevdokymov S. Wireless cyber-physical networks using Arduino.....	159
Беркунський О.Є., Беркунський Є.Ю. Вибір платформи для розробки корпоративного застосування мовою Java.....	162
G. Безпека інформаційних технологій / Information security.....	165
Boyko V., Vasilenko M., Slatvinska V. Distributed systems log protection from cyberattacks by Verkle trees.....	165
Lytovchenko O., Lavdanskyi A. Overview of existing methods of masking of acoustic speech signals.....	166
Murr P., Alhasan K., Honcharov A., Mogilei S. Microcontroller-based data protection method using perfect binary arrays.....	168
Серпунова А., Zabolotnii S., Серпунова V. Comparative analysis of the efficiency of shift parameter estimates in symmetrical bimodal distributions.....	170
Аль-Амморі А., Дяченко П.В. Вибір структур інформаційно-керуючих систем.....	172
Григор О.О., Бойко А.І. Політична та інформаційна безпека: аналіз викликів.....	174
Гупаленко В.С. Наукове та практичне дослідження систем захисту на основі когнітивного моделювання при прогнозуванні поведінки зловмисників.....	176
Лавданський А.О., Фауре Е.В. Безпека трьохетапного протоколу на основі перестановок.....	179
Наумов О.М. Аналіз методу цифрових міток в DLP системах.....	181
Щерба А.І., Фауре Е.В., Халявка В.В. Примітивні елементи скінченного поля квадратних матриць порядку 2 для криптографічних застосувань.....	183

Ярмілко А.В., Розломій І.О., Науменко С.В. Захист інформації та гарантоздатність комунікаційного кластеру в промисловому інтернеті речей.....	186
Н. Інформаційно-комунікаційні технології в наукових дослідженнях / Information and communication technology in research.....	188
Dzihora Y., Tazetdinov V. Optimising wastewater treatment through laboratory-guided process automation.....	188
Rudyk Y., Mykyichuk M, Menshikova O. Information technology criteria for the quality assessing of critical infrastructure by safety indexes.....	191
Shapovalov Y., Shapovalova M., Shapovalov V. Improving the impact of papers by integrating local digital libraries with orcid: the role of ORCID consortium.....	193
Smirnov D., Zorin O., Palahina E., Palahin V. Development of moment quality criterion and polynomial methods for signals detection and distinction in non-gaussian noise.....	195
Yelistratova L., Apostolov A., Khodorovskyi A., Tymchyshyn M. Application of information and communication technologies in environmental scientific research (on the example of sulfur dioxide emissions research into the atmospheric air of Ukraine).....	197
Первунінський С.М., Олексюк В.В. Багатоканальний цифровий модем з шумовими гауссовими сигналами.....	199
І. Комп'ютерне моделювання та інформаційні системи в економіці / Computer modeling and information systems in economics.....	201
Bielinskyi A., Soloviev V., Matviychuk A., Solovieva V., Kmytiuk T., Velykoivanenko H. The states of irreversibility in the energy-related markets and their identification.....	201
Hajiyeva N., Mammadova A., Mammadli Z., Huseynova N., Hasanova A., Hasanova S. Evaluation of the economic efficiency of information and communication technologies in the intensification of the development of the agricultural sector in Azerbaijan.....	203
Mammadov S., Mammadli Z., Hasanova A., Hasanova S., Huseynova N. Methodological features of increasing the economic efficiency of information and communication technologies in the agricultural field.....	205
Лавданська О.В., Прокопенко В.А. Підхід до побудови моделі взаємодії суб'єктів освітнього ринку та закладу вищої освіти.....	207
Побережна З., Заліський М., Гончаренко Я., Чернишов О. Інформаційні системи та їх роль в управлінні бізнес-процесами транспортних підприємств.....	209
Сіньковський А.П., Триус Ю.В. Інформаційно-аналітична система оцінювання рівня ризику банкрутства підприємства.....	212
Чубук Л., Жукова Ю. Порівняння способів реалізації аналізу чутливості вартості підприємства до ризиків.....	215
Ж. Комп'ютерне моделювання фізичних і хімічних процесів / Computer modeling in physical and chemical processes.....	219
Huliienko S., Korniyenko Y., Yasenchuk V. Evaluation of the influence of the channel curvature on the flow characteristics in the channel of spiral wound membrane modules using CFD OF.....	219
Kiv A., Soloviev V., Bielinskyi A., Slusarenko M., Korotysh V., Kavetskyu T., Šauša O., Švajdlenková H., Hoivanovych N., Dyachok D., Tuzhykov A., Donchev I. Modeling of the photostructural transformations in biopolymers.....	221

Leshko R., Hol'skyi V., Stolyarchuk I., Brytan V., Karpyn D., Harbych O. Application of the numerical phase method to find the electronic energy spectrum in a spherical quantum dot with arbitrary confining potential.....	224
Purys V.V., Lebedev V. V., Miroshnichenko D. V., Shestopalov O.V., Kariev A.I. Computer modeling of optimal chemical composition of modified polyamide waste agglomerate.....	226
Yakymchuk S. Modelling vibrations of blades gas compressors in non-stationary flow.....	228
Аль-Амморі А., Дяченко П.В. Моделювання режимів електроспоживання інформаційно-керуючих систем.....	230
Батраченко О. В. Підвищення ефективності процесу подрібнення м'яса у вовчках.....	234
Єгорова О.В., Мислюк О.О., Хоменко О.М. Моделювання поширення забруднюючих речовин в урбоземах з використанням ГІС-технологій.....	236
Коваленко О.О., Гордієнко В.І., Васильченко В.Ю., Комарова О.С., Івлєв Я.О. Побудова та дослідження моделі елемента Пельтьє.....	238
Куриленко Ю.М., Андронович Г.М, Сухенко В.Ю. Використання інформаційних технологій для моделювання процесу екстрагування у системі «Вода – Рослинна сировина».....	240
Рудь М.П., Тарандушка Л.А., Батраченко О.В. Комп'ютерне моделювання аеродинамічної поведінки автономних транспортних засобів в небезпечних дорожніх ситуаціях.....	244
Сергєєва О.В., Фролова Л.А. Використання прикладних комп'ютерних розробок для експрес оцінки якості води.....	246
Смоляр А. М., Мірошкіна І. В. Комп'ютерне моделювання механіки зміцнення конструктивних елементів зі скла напруженнями стиску.....	248
К. Інформаційні системи в медицині / Information systems in medicine.....	251
Sobolieva-Tereshchenko O., Zhukova Y. Mobile health application in digital government management.....	251
Кулик А.Я., Нікольський О.І., Мотигін В.В., Ревенок В.І., Кулик Я.А. Використання теорій автоматичного управління та регулювання для дослідження функцій живого організму.....	253
Музика Р.Т., Кулінченко А.-М. Р. Підхід до зменшення тривалості процедури навчання ансамблевого методу інтелектуального аналізу даних.....	255
Руденко О.М., Андрієнко В.О. Концепція розробки інтелектуальної системи управління маркетинговими проектами в фармацевтичній промисловості.....	257
Л. Інформаційно-комунікаційні технології у вищій освіті / Information and communication technology in higher education.....	260
Dykha O., Rudyk O., Golenko K. Use of information technologies in teaching the discipline “Modeling Technological Processes of Road Transport Enterprises”.....	260
Kharchenko Yu., Babenko O., Zudina L. The capabilities of AI for chemical education.....	262
Kovalenko D., Briukhanova N., Bozhko N., Korolova N., Lytvyn O., Koeberlein-Kerler J. Design of distance learning forms as a new focus in the training of higher pedagogical education seekers.....	264
Lemeshchenko-Lagoda V., Kryvonos I. Education on occupied territories in times of war: foreign language training enhanced by ICT.....	267
Soia O., Kovtoniuk M., Kosovets O., Petrovych S. Project-based learning as an integration of students' critical thinking and teamwork skills.....	269

Frank Angelo Pacala. Improving students' conceptual understanding of magnetic fields and science process skills through guided exploratory experiments using a smartphone.....	271
Riabchykov M., Mytsa V., Ryabchykova K. Artificial intelligence as a tool for the development of professional competencies of a fashion industry specialist.....	273
Sazhko H., Nechuiviter O., Chaika A., Sivitsky V. Web resource “Programming in C#” as a component of a virtual educational environment for forming and improving digital competencies of teachers.....	275
Trokhymchuk S., Bryntseva O. Integration of artificial intelligence into university education: a focus on foreign language instruction.....	277
Verbovetskyi D., Oleksiuk V. A comparison of some game applications for learning computer science.....	279
Znakovska Y., Averyanova Y., Ostroumov I., Zaliskyi M., Holubnychyi O., Sushchenko O., Pogurelskiy O., Voliansky R. Virtual simulators for uas operators' training.....	283
Fataliyev T., Verdiyeva N. Research on the problems of building an e-demography system in the innovative environment of science and education.....	285
Аширова А.В., Кожем’якін О.С. Інтегрована інформаційна система освітнього менеджменту університету.....	287
Borysenko D. The virtual platform cospaces edu as a tool for the professional development of future engineer-designers.....	290
Ворона В.В., Бобчинець О.О., Зімбіцький Р.Ф. впровадження відео-уроків у навчальний процес дисципліни «фізичне виховання та спеціальна фізична підготовка» для курсантів ІВМС НУ «ОМА».....	292
Гребінь-Крушельницька Н.Ю., Калугін Р.Ю., Краснощок А.В., Лов’янова І.В. Формування цифрової компетентності майбутніх фахівців соціономічних професій у закладах вищої освіти.....	294
Дивак В.В., Козлов В.В., Томашевська Т.В. Удосконалення фахової підготовки майбутніх маркетингологів засобами інформаційної системи «BAS. РОЗДРІБНА ТОРГІВЛЯ»..	296
Доренський О. П. Аналітична оцінка функціональної спроможності технологічних рішень для протидії порушенням академічної доброчесності.....	298
Драч І.І., Петроє О.М., Бородієнко О.В., Регейло І.Ю., Слободянюк О.М. Концепція методики оцінювання (самооцінювання) готовності університету до використання ШІ...	300
Vožo Soldo, Заспа Г., Ткаченко В., Харута В., Заяць О. Інформаційна платформа технології цифрової трансформації закладів вищої освіти.....	304
Капітан О.В., Триус Ю.В. Використання методу аналізу ієрархій при виборі LMS для формування інформаційного освітнього середовища закладу вищої освіти.....	306
Кухаренко В.М. Мікрокваліфікація для викладачів університетів на базі LMS Moodle...	310
Лавданська О.В., Прокопенко В.А. Інформаційна модель взаємодії суб’єктів освітнього ринку та закладу вищої освіти.....	312
Ляшенко Р. О., Семеріков С. О. Бібліометричний аналіз навчання чат-ботів.....	314
Carlsson A., Мокієнко Ю., Семко І., Мильніченко С., Гайдаєнко О. Застосування когнітивного моделювання для якісного аналізу ризиків освітніх проєктів у закладах вищої освіти.....	316
Півненко С.В., Прокопенко Т.О. Оцінка ризиків при кваліметричному підході оцінки якості освіти.....	319
Синельник І.В., Синельник О.В. Інформаційно-комунікаційні технології забезпечення навчання фізики в технічному університеті.....	323

Суркова К.В., Ломакіна М.Є. Вибір середовища розробки інформаційно-довідкової системи з NOTAM інформації.....	326
Фадєєва Л. О., Семеріков С. О. Використання Moodle для персоналізованого навчання: дослідження взаємозв'язків між структурою курсу та навчальними результатами студентів.....	328
Шамшин О.П. Впровадження штучного інтелекту в онлайн-платформу для рішення і перевірки фізичних задач.....	330
М. Проблеми підготовки ІТ-фахівців у ЗВО / Training IT Experts in universities.....	332
Novorushchenko T., Pavlova O., Kuzmin A. Information system for student virtual exchange.....	332
Mintii I. S. Blended learning in computer science teacher training.....	334
Даниленко О.А., Поплавська О.М., Данилевич Н.С., Сільченко М.В. Розвиток молодих ІТ-фахівців: проблеми і напрями їх подолання (кейс України).....	337
Захарова О.В., Гулак Д.В. Формування ключових компетентностей ІТ-фахівців як умова активізації процесів відновлення економіки України.....	339

Наукове електронне видання

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VII Міжнародної науково-практичної конференції
«Інформаційні технології в освіті, науці і техніці»
(ІТОНТ-2024)
23-24 травня 2024 року

Українською та англійською мовами

Матеріали подано в авторській редакції

Макет: Ю. В. Триус
Коректура: Т. В. Костенко
Технічний редактор: А. Є. Максимов

Гарнітура Arial, Times New Roman. Обл.-вид. арк. 23,2. Зам. №24-56.

Видавець: Черкаський державний технологічний університет,
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК № 896 від 16.04.2002 р.

Scientific electronic publication

CONFERENCE PROCEEDINGS
VII International Scientific and Practical Conference
"Information Technology in Education, Science and Technics"
(ITEST-2024)
May 23-24, 2024

In Ukrainian and English

The materials are presented in the author's edition

Layout: Y. Tryus
Proofreading: T. Kostenko
Technical editor: A. Maksymov

Font Arial, Times New Roman. Region-issue sheet 23.2. Deputy #24-56.

Publisher: Cherkasy State Technological University,
460 Shevchenko Boulevard, Cherkasy, 18006.
Certificate of registration of the subject of the publishing business in the State Register of Publishers,
of manufacturers and distributors of publishing products Series DK No. 896 dated 04/16/2002