

www.konferenciaonline.org.ua

**Міжнародна наукова
інтернет-конференція**

**Інформаційне суспільство:
технологічні, економічні
та технічні аспекти становлення**

Випуск 98

ISSN 2522-932X

Google Scholar



AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH
WYŻSZA SZKOŁA ZARZĄDZANIA I ADMINISTRACJI
W OPOLU

15-16 квітня 2025 р.

**м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща
2025**

УДК 001 (063)

Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 98): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна, м. Ополе, Польща, 15-16 квітня 2025 р.) / редкол. : О. Патряк та ін. ГО “Наукова спільнота”, WSZIA w Opolu. Тернопіль : ФО-П Шпак В.Б. 2025. 82 с. – ISSN 2522-932X

Збірник доповідей підготовлено за матеріалами Міжнародної наукової інтернет-конференції (випуск 98) 15-16 квітня 2025 р. на сайті www.konferenciaonline.org.ua

Оргкомітет ГО Наукова спільнота:

Патряк Олександра Тарасівна, кандидат економічних наук, ЗУНУ;

Шевченко (Огінська) Анастасія Юріївна, кандидат економічних наук, директор ТОВ «Школа для майбутнього» (ThinkGlobal Ternopil);

Назарчук Оксана Михайлівна, доктор філософії (Ph.D.), ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»;

Гомотюк Оксана Євгенівна, доктор історичних наук, професор, ЗУНУ;

Біловус Леся Іванівна, доктор історичних наук, кандидат філологічних наук, професор, ЗУНУ;

Ребуха Лілія Зіновіївна, доктор педагогічних наук, кандидат психологічних наук, професор, ЗУНУ;

Недошитко Ірина Романівна, кандидат історичних наук, доцент, ЗУНУ;

Стефанишин Олена Василівна, кандидат історичних наук, доцент, ЗУНУ;

Яблонська Наталія Мирославівна, кандидат філологічних наук, старший викладач, ЗУНУ;

Рудакевич Оксана Мирославівна, кандидат філософських наук, ЗУНУ;

Русенко Святослав Ярославович, аспірант, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Тексти матеріалів конференції подаються в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори. Всі роботи ліцензуються відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Автори зберігають авторське право, а також надають збірнику право першого опублікування оригінальних наукових статей на умовах ліцензії Creative Commons Attribution 4.0 International License, що дозволяє іншим розповсюджувати роботу з визнанням авторства твору та першої публікації в цьому збірнику.

Наша адреса: Оргкомітет МНІК "Конференція онлайн"

а/с 797, м. Тернопіль 46005

тел. моб. 068 366 0 525

e-mail: inetkonf@ukr.net

URL Інтернет-конференції: <http://www.konferenciaonline.org.ua/>

ISSN 2522-932X

© ГО “Наукова спільнота” 2025

© Автори статей 2025



Секція 1. Інформаційні системи і технології

Bohdan Boretskyi, student,
Lviv Polytechnic National University
ORCID: 0009-0009-5295-5558

Halyna Vlach-Vyhrynovska, associate professor,
PhD, Lviv Polytechnic National University
ORCID: 0000-0003-4429-1578

LOW-COST DISTRIBUTED COMPUTING WITH APACHE SPARK: A REVIEW OF EDUCATIONAL AND EXPERIMENTAL RASPBERRY PI CLUSTERS

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2151/>

Distributed computing is crucial in handling large data volumes and performing complex algorithms in a wide range of fields, from scientific modeling to real-time analytics. Distributed systems, in contrast to centralized ones, split up computations across numerous nodes, supporting parallel execution as well as fault tolerance. Apache Spark has become one of the most popular frameworks for such operations because of its in-memory model for processing, fault tolerance by means of Resilient Distributed Datasets (RDDs), and iterative operations support.

Spark is based on a master-worker architecture, in which a central node (driver) assigns tasks to numerous executor nodes. It is deployable in a variety of environments, such as standalone, YARN, Mesos, or Kubernetes, and presents a modular collection of libraries for SQL query, graph processing, machine learning, and stream data processing. Support for executing Spark in ARM-based systems has also opened up new routes for low-cost experimentation, as well as in-class deployment, with the increasing performance potential of single-board computers like the Raspberry Pi.

Recent research has demonstrated the potential of using Raspberry Pi clusters to simulate distributed environments for both research and educational purposes. One study utilized a 64-node Raspberry Pi cluster to perform topology optimization tasks, emphasizing energy efficiency and accessibility [1]. Another investigation explored a hybrid environment combining Raspberry Pi nodes with Google Colab to teach parallel and heterogeneous computing, highlighting the benefits of hands-on experience with distributed workflows [2]. Additional findings reported the successful implementation of a modular, portable instructional system using pre-configured Raspberry Pi clusters, which led to significant improvements in student understanding of parallel computing concepts [3].

Beyond academic applications, Raspberry Pi clusters have also been evaluated in terms of energy efficiency and cost-effectiveness. An experiment involving a 25-node cluster assessed its performance and power consumption, demonstrating its viability as an eco-friendly solution for lightweight computing tasks, serving as an alternative to traditional cloud-based setups [4].

One of the most attractive features of such physical cluster installations is the visibility and control these allow. In contrast with proprietary, commercial clouds, local clusters offer direct access to the network layer, system configuration, and hardware interfaces, particularly valuable within the academic community. Furthermore, through the use of ARM-compatible software stacks and open-source orchestration software, users are able to recreate real distributed systems within budget limitations.

Though the scale of Raspberry Pi clusters is subject to limits when working with production-level workloads, their pedagogical utility is well-documented. They present a physical, hackable platform within which distributed algorithms can be explored, fault tolerance approaches can be tested, and observations can be made of resource scheduling – all within the unabridged, low-cost environment of commercial clouds. As distributed computations become more central within modern software systems, such low-cost platforms are a valuable tool in bridging the divide between academic instruction and practical comprehension.

In parallel, advances in low-energy distributed hardware as well as orchestration software have broadened Raspberry Pi cluster applicability. Improved single-board computers offer better RAM as well as the latest ARM-based processors in a 64-bit configuration, allowing more intensive workloads while not taking a substantial hit in terms of power consumption. Lightweight orchestration software such as K3s has been successfully used within Raspberry Pi clusters, supporting automated scheduling and scaling of distributed, container-based code across constrained devices [5]. Further, hybrid edge-cloud approaches are gaining prominence, in which local clusters execute latency-insensitive computations while delegating computationally intensive tasks outside. This design minimizes network dependency as well as response time in data-intensive uses. Experimental results indicate that such hybrid designs can achieve performance similar to centralized ones under certain workloads, while enjoying the advantages of local control as well as lower operational expenses [6].

References:

1. Zhang, Z.-D., Yu, D.-Y., Ibhade, O., et al. (2025). TopADDPi: An Affordable and Sustainable Raspberry Pi Cluster for Parallel-Computing Topology Optimization. *Processes*, 13 (3), 633. <https://doi.org/10.3390/pr13030633>

2. Xu, Z. (2023). Teaching Heterogeneous and Parallel Computing with Google Colab and Raspberry Pi Clusters. Proceedings of the SC '23 Workshops of the International Conference on High Performance Computing, Network, Storage, and Analysis, 308-313. <https://doi.org/10.1145/3624062.3624095>
3. Shoop, E., Matthews, S. J., Brown, R., & Adams, J. C. (2025). Hands-on Parallel & Distributed Computing with Raspberry Pi Devices and Clusters. Journal of Parallel and Distributed Computing, 104996. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2024.104996>
4. McDonald, J. (2020). Evaluation of Power and Performance in Raspberry Pi 2 Cluster for Educational Use. Electronics, 5 (4), 61. <https://doi.org/10.3390/electronics5040061>
5. Čilić, I., Krivić, P., Podnar Žarko, I., & Kušek, M. (2023). Performance Evaluation of Container Orchestration Tools in Edge Computing Environments. Sensors, 23 (8), 4008. <https://doi.org/10.3390/s23084008>
6. Shwe, T., & Aritsugi, M. (2024). Optimizing Data Processing: A Comparative Study of Big Data Platforms in Edge, Fog, and Cloud Layers. Applied Sciences, 14 (1), 452. <https://doi.org/10.3390/app14010452>

Ihor Boklach, student,
Lviv Polytechnic National University, Lviv
ORCID: 0009-0007-0083-862X

Oksana Shpak, PhD, Associate Professor,
Lviv Polytechnic National University, Lviv
ORCID: 0000-0002-2093-9029

REVOLUTIONISING INDOOR PLANT CARE: THE IMPACT OF AI-BASED IOT SYSTEMS ON AUTOMATED PLANT MAINTENANCE

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2155/>

Indoor gardening has gained popularity due to urbanization and the desire for fresh produce. Recent studies show that it relieves stress, boosts creativity, productivity, focus, and promotes recovery [1]. However, maintaining optimal conditions for plant growth indoors requires a lot of manual work, which includes regulating light, humidity, ventilation and temperature. The integration of Internet of Things technologies with Artificial Intelligence has transformed indoor plant care significantly, leading to the development of automated systems that optimize plant health and growth. These systems offer solutions by combining IoT sensors and AI algorithms to monitor and manage plant care autonomously.

Several studies have demonstrated the effectiveness of AI-based indoor plant care systems. One research introduced an Automated Indoor Plant Health and Pest

Control System that utilizes robotic mechanisms and AI algorithms to monitor plant health, detect diseases and control pests. It features automated watering triggered by soil moisture levels and thermal imaging for pest detection [2]. Another study proposed an IoT-Based Indoor Plant Care System that integrates IoT devices to monitor environmental conditions and automate plant care tasks, including an interface for remote monitoring and control. The system not only automates watering and lighting adjustments based on real-time sensor data but also monitors indoor air quality, aiming to enhance the overall indoor environment [3]. Another notable example is a Smart Hydroponics System using AI-based sensing, which collects and analyses parameters such as temperature, water level, pH and nutrient levels. The system automates the addition of water or nutrients as needed and allows users to monitor conditions through a smartphone application [4]. Innovations such as the Artificial Intelligence of Things (AIoT)-based Plant Pot Design (APPD) have demonstrated the capabilities of integrating AI and IoT technologies in indoor plant care, enabling precise control over factors like illumination, photometric exposure and moisture content. These systems exemplify the potential of combining AI and IoT to enhance efficiency and promote stable indoor gardening practices [5].

Despite the advantages of such systems, challenges such as sensor reliability, data scarcity and integration with existing smart home ecosystems persist. Ensuring accurate sensor data is crucial, as inaccuracies can lead to incorrect care decisions. The limited availability of appropriate datasets slows down the development of robust AI models capable of generalizing across diverse plant species and environments. Additionally, integrating these systems seamlessly into existing smart home setups requires addressing compatibility and user interface design issues.

Based on the review of current research and advancements in AI and IoT for indoor plant care, we plan to develop a smart monitoring system that tracks key environmental parameters such as soil moisture, temperature, humidity, and light intensity, and utilises an automatic watering tool. A key innovation in our solution will be the integration of a GPT-based model, which based on the plant species will generate personalised watering and lighting plans. Unlike traditional systems, our approach will focus on caring for a variety of indoor plant species, using GPT to differentiate between them and tailor care recommendations to their specific needs. This adaptability will ensure optimal growth conditions for each plant type. All sensor data will be transmitted to a centralized database in real time, where it will be stored and made accessible through a mobile application. The app will visualize this data through intuitive graphs and dashboards, allowing users to monitor conditions at a glance, track historical trends, and receive timely suggestions. The recommendations will be adjustable through that application, which will serve as both a user interface and a platform for real-time monitoring and system feedback,

enabling continuous refinement of care strategies based on plant condition and user input.

Looking ahead, advancements in multimodal data integration, personalized care recommendations, and edge computing are expected to enhance system responsiveness and user engagement. Developing intuitive interfaces, focusing on scalability and cost reduction is expected to further promote widespread adoption, making AI-based plant care more sustainable and accessible.

References:

1. Yeo, L. B. (2020). Psychological And Physiological Benefits Of Plants In The Indoor Environment: A Mini And In-Depth Review. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 8(1), 57-67. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v8.n1.597>
2. Ashar Ahmed, Muhammad Anus, Ali Saqlain, Waqas Jan, & Syed Muhammad Atif. (2024). Automated Indoor Plant Health and Pest Control System Leveraging Frontier Technologies for Enhanced Agriculture. *Journal of Computing & Biomedical Informatics*, 8(01). <https://jcbi.org/index.php/Main/article/view/569>
3. Guerrero-Ulloa G, Méndez-García A, Torres-Lindao V, Zamora-Mecías V, Rodríguez-Domínguez C, Hornos MJ. Internet of Things (IoT)-based indoor plant care system. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*. 2023; 15(1): 47-62. <https://doi.org/10.3233/AIS-220483>
4. S. Putra, H. Heriansyah, E. Cahyadi, K. Anggriani, and M. Imron S Jaya, “Development of Smart Hydroponics System using AI-based Sensing”, *INFOTEL*, vol. 16, no. 3, pp. 474-485, Aug. 2024. <https://doi.org/10.20895/infotel.v16i3.1190>
5. Ku, H.-H.; Liu, C.-H.; Wang, W.-C. Design of an Artificial Intelligence of Things Based Indoor Planting Model for *Mentha Spicata*. *Processes* 2022, 10, 116. <https://doi.org/10.3390/pr10010116>

*Ihor Liutak, doctor of technical sciences,
professor, Department of software
engineering, Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk*

CREATING A COMPONENT BASE SOFTWARE USING DROPWIZARD FRAMEWORK

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2141/>

Component-based software engineering (CBSE) is a modern paradigm that emphasizes the design and development of software systems through the composition of reusable and modular components. This approach significantly enhances

maintainability, scalability, and flexibility of complex systems. By decomposing an application into distinct, loosely coupled parts, developers can focus on building and testing each component independently, reducing development time and minimizing the risk of errors. In large-scale enterprise applications, component-based programming enables teams to collaborate more efficiently, reuse tested components across multiple projects, and upgrade systems incrementally without affecting the entire architecture.

Dropwizard is a lightweight Java framework designed for building high-performance RESTful web services. It supports rapid development through its modular architecture, which integrates well with component-based programming practices. Dropwizard combines popular libraries such as Jetty, Jersey, Jackson, and Metrics into a unified ecosystem, making it easier to build and manage modular services. Its convention-over-configuration approach simplifies development workflows and supports creating independent service components that can be deployed, tested, and scaled separately. These features make Dropwizard an ideal platform for developing component-based applications where reliability, performance, and clear separation of concerns are crucial. Scientific research in information technology increasingly highlights the value of component-based development, especially in the context of microservices, distributed systems, and cloud-native applications. Studies show that componentization improves software reuse, adaptability, and system resilience, which are essential in today's fast-evolving tech landscape. Research also focuses on automated component discovery, dynamic reconfiguration, and performance optimization, helping developers create smarter and more efficient systems. The ongoing evolution of programming frameworks, such as Dropwizard, provides a solid foundation for implementing these academic insights in practical, real-world applications, bridging the gap between theoretical research and enterprise-grade software engineering. Engaging students in component-based software development is essential for preparing them to meet the demands of modern software engineering practices. Through hands-on experience with frameworks like Dropwizard, students not only learn to build modular and maintainable applications but also develop critical thinking and problem-solving skills necessary for real-world IT projects. Moreover, incorporating such practices into academic curricula supports interdisciplinary learning and aligns with entrepreneurial thinking. As highlighted by Helfert, Lyutak, and Duncan (2017), integrating student projects with virtual collaboration and entrepreneurial elements enhances both technical and soft skills, making graduates more adaptable and industry-ready [1]. Component-based development, with its emphasis on reusability and scalable architecture, offers an ideal foundation for these kinds of educational initiatives and collaborative student-driven innovations.

To efficiently create components in Dropwizard, it is essential to begin with a clear separation of concerns and define modular service boundaries. Components should encapsulate specific functionalities such as authentication, data access, or logging, which can then be reused across different parts of the application. In Dropwizard, this can be achieved by creating dedicated classes for resources, services, DAOs, and configurations. Each of these can be packaged independently and injected where needed using constructor-based dependency injection. By structuring code into clearly defined layers, developers ensure maintainability and enable the easy replacement or upgrading of individual components without impacting the rest of the system. Dropwizard supports the use of bundles, which are reusable packages of functionality that can be plugged into multiple applications. A custom bundle can encapsulate configuration logic, service registration, and resource setup, making it an excellent mechanism for component reuse. Developers can define their own bundles by extending `ConfiguredBundle` or `Bootstrap` interfaces, depending on whether the component needs access to the application configuration or setup phase. This pattern allows for the consistent integration of features such as security filters, metrics, or external service clients across different projects, promoting modularity and reducing duplication of logic. Efficient component creation in Dropwizard also involves comprehensive testing and integration strategies. Since components are developed in isolation, unit testing can be applied to individual services and DAOs, while integration testing ensures compatibility with external systems like databases or APIs. Dropwizard provides a built-in testing support module (`dropwizard-testing`) that simplifies the simulation of resources and configuration during tests. Additionally, developers can use dependency injection frameworks such as Guice or HK2 with Dropwizard to further decouple components and improve testability. This modular approach ensures each component behaves correctly on its own and integrates smoothly into the larger system.

By structuring applications into independent components, developers gain flexibility, better maintainability, and the ability to scale systems efficiently. Moreover, involving students in learning component-based practices fosters deeper understanding and practical skills, especially when paired with real-world tools like Dropwizard. Future research could focus on automating component discovery and integration in Java-based microservice frameworks, as well as investigating the use of AI-driven tools to support dynamic component reconfiguration and performance optimization in distributed environments.

References:

1. HELFERT, Markus; LYUTAK, Igor; DUNCAN, Howard. Student projects and virtual collaboration in IT degrees: Incorporating entrepreneurship into study programmes. International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals (IJHCITP), 2017, 8.4: 14-26.

*Oksana Sira, Doctor of Technical Sciences,
Professor, National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv
ORCID: 0000-0002-4869-2371*

*Rodyslav Sinitsyn, National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv
ORCID: 0009-0005-6674-9430*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOLVING ROUTING PROBLEMS

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2149/>

The modern economy is characterized by a growing need for effective solutions to routing problems, which is critically important for optimizing logistics processes and reducing time intervals between supply and delivery. The aim of this research is to develop new models and methods for routing management that can function effectively under conditions of input data uncertainty.

The dissertation study examines approaches to solving routing problems using modern information technologies, in particular the machine learning framework TensorFlow [1] and the optimization solver OptaPlanner [2]. TensorFlow is planned to be used to build predictive models that take into account uncertainty factors, such as traffic jams, demand changes, or unforeseen circumstances, allowing to predict future needs and optimize routes proactively. OptaPlanner will be used to develop and implement effective routing algorithms that are able to find optimal solutions in complex conditions with a large number of constraints and criteria. The main challenge when working with TensorFlow was the high computational complexity of training neural networks on small data sets. This problem was solved by using data dimensionality reduction methods and applying pre-trained models. The proposed hybrid approach allowed to avoid the main shortcomings of individual tools and ensure stable operation of the system under uncertainty. Effective application of OptaPlanner often faces difficulties in modeling complex real-world constraints and multi-criteria routing problems, which can lead to long computation times. This study proposes an improved approach to formalizing constraints and developing specialized

heuristics, which allows to significantly increase the efficiency of finding optimal routes. When using TensorFlow to train routing models, there is a problem with processing incomplete or fuzzy data, which makes it difficult to create accurate forecasts. However, by using advanced data preprocessing methods and advanced neural networks, the accuracy of forecasts has been significantly improved. Integrating OptaPlanner for route optimization with TensorFlow's predictive capabilities requires overcoming the difficulties associated with the coordination of different modeling paradigms and data formats. In the presented study, a unified architecture is developed that provides seamless information exchange between the predictive and optimization subsystems, which increases the overall efficiency of routing management.

To achieve the goal, the following goals were defined: developing a method for element-by-element route formation using OptaPlanner capabilities for flexibly determining the sequence of point visits; solving multi-criteria route optimization problems by integrating TensorFlow forecasting models with OptaPlanner decision-making mechanisms; conducting simulation modeling for step-by-step optimization of two- and three-step routes in order to assess the effectiveness of the proposed methods and compare them with existing approaches.

The research is based on the scientific achievements of the department in the field of optimization and management, reflected in monographs and dissertations. Expected results include the development of hybrid models and routing management methods that combine the predictive capabilities of TensorFlow and the optimization algorithms of OptaPlanner, which will allow to increase the efficiency of logistics processes under conditions of uncertainty and to offer practical recommendations for their implementation.

The main results of the study are aimed at creating a methodology that allows you to effectively form routes under conditions of uncertainty and optimize processes at different stages of product supply. The use of information technologies significantly improves the efficiency of decision-making and contributes to increasing the productivity of enterprises engaged in logistics and delivery.

References:

1. TensorFlow API // https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf
2. OptaPlanner Documentation // https://docs.optaplanner.org/9.44.0.Final/optaplanner-docs/html_single/index.html

Oksana Volodymyrivna Sira,
Doctor of Technical Sciences,
Professor, National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv
ORCID: 0000-0002-4869-2371

Roman Mykolayovych Riabokon,
PhD student, National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv
ORCID: 0009-0000-7960-4090

USE OF INFORMATION TECHNOLOGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SOLVING TRANSPORT LOGISTICS PROBLEMS

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2152/>

Modern business conditions are accompanied by a high level of dynamism, uncertainty and competition, which significantly complicates the processes of managing material flows and transport logistics in particular. Constant changes in cost indicators, instability of demand, delays in deliveries, unpredictable external factors - all these factors require the search for new, more flexible and technologically advanced approaches to planning and optimizing logistics processes.

Planning and optimization of transport flows play a central role in the management system of enterprises. Traditional methods for solving transport problems often do not take into account stochastic factors or have limited efficiency when processing large amounts of data. That is why the relevance of using modern information technologies, artificial intelligence and algorithmic methods for solving such problems in complex conditions of uncertainty is growing.

In addition, global logistics systems are increasingly facing challenges associated with crisis phenomena, such as pandemics, geopolitical instability, and disruptions in the supply of critical components. This creates an urgent need to create adaptive and resilient logistics solutions. The use of digital technologies, including artificial intelligence, allows not only to ensure the flexibility of logistics chains, but also to achieve a high level of transparency and predictability of operations.

The dissertation research is devoted to the development of models and methods of transport logistics under conditions of uncertainty using modern information technologies. The main attention is paid to the application of machine learning algorithms for forecasting demand, identifying potential delays in supply chains and developing adaptive transport flow management systems. Special emphasis is placed on solving multi-index transport problems that take into account several parameters simultaneously: costs, delivery time, risks of non-fulfillment of obligations, fluctuations in fuel prices and load on transport corridors.

The choice of tools for conducting the study is due to the need to process large amounts of data and flexibly configure models. The use of the Python programming language [1] in combination with the Pandas [2], NumPy [3], Scikit-learn [4], TensorFlow [5] and PuLP libraries provides high performance when working with data and efficient construction of optimization models. The Pyomo [6] and OptaPlanner [7] frameworks allow formalizing transport problems as linear or integer programming problems, as well as applying stochastic programming approaches to take into account random factors.

In addition to classical algorithms, the research actively uses artificial intelligence methods: genetic algorithms, particle swarm optimization, and multi-agent systems that allow modeling the behavior of a large number of autonomous agents in a transport network. The use of such approaches allows for the formation of strategies that are adaptive to changes in the environment, rapid response to supply chain disruptions, and optimization of transport route loading in real time.

Data-driven approach in the research plays a key role. It involves the use of real data from logistics operators to build more accurate models. Taking into account historical data allows us to take into account the specifics of previous periods and increase the accuracy of forecasting. Moreover, real-time flow analysis provides the opportunity to quickly detect deviations from planned indicators and timely adjust routes and vehicle loading using the Pandas [2] and NumPy [3] libraries, as well as machine learning tools available in Scikit-learn [4] and TensorFlow [5].

To build algorithms for optimizing routes under conditions of stochastic uncertainty, models implemented in Pyomo [6] are used, and for complex combinatorial problems, OptaPlanner [7] is used, which effectively copes with planning transport flows in real time. In addition, to work with large amounts of input and output data, the Python library [1] is effectively used, which provides flexibility in integrating system modules and high calculation performance. An important component of the software implementation is also a deep study of the Python language [8], which provided the possibility of creating scalable solutions for transport logistics.

Another important aspect of the study is ensuring information security in logistics systems. Since the processing of large volumes of sensitive data about routes, suppliers and customers is associated with potential risks of information leakage, the work pays attention to the implementation of data protection mechanisms. The use of encryption protocols, as well as the integration of cyber security tools into the infrastructure of logistics platforms, is considered, which allows ensuring the integrity and confidentiality of information.

The expected results of the research include the creation of a software module to support decision-making in transport logistics, which will reduce operating costs by 15-20% in test scenarios. Such a tool will help enterprises quickly adapt to

changes in the market situation, improve the level of customer service and ensure the stability of supply chains in difficult conditions. From a scientific point of view, the research will contribute to the improvement of approaches to solving stochastic transport problems and the adaptation of artificial intelligence algorithms to conditions of uncertainty.

In the future, it is planned to expand the functionality of the developed software module through integration with IoT platforms, which will allow receiving data in real time from vehicles and logistics centers. The possibility of connecting the system to cloud services to scale computing power and expand analytical capabilities is also being considered. Further research involves improving information security mechanisms, which is critically important for data protection in modern digital logistics systems.

In conclusion, a comprehensive approach to solving transport logistics problems, which includes a combination of mathematical modeling, artificial intelligence, data-driven methodology and information security tools, allows not only to optimize logistics processes, but also to increase the overall resilience of business systems to external challenges. The results of the study have significant theoretical and practical significance, and the proposed models and methods can be integrated into real logistics systems to increase their efficiency, sustainability and competitiveness in a dynamic business environment.

Literature:

1. Python Software Foundation. Python Programming Language. – <https://www.python.org/>
2. McKinney W. Pandas: powerful Python data analysis toolkit. – <https://pandas.pydata.org/>
3. Harris CR et al. Array programming with NumPy. Nature, 2020, vol. 585, pp. 357-362. – <https://numpy.org/>
4. Scikit-learn developers. Scikit-learn: Machine Learning in Python. – <https://scikit-learn.org/stable/>
5. TensorFlow Developers. TensorFlow: An end-to-end open-source machine learning platform. – <https://www.tensorflow.org/>
6. Mitchell S., Hart W. Pyomo – Optimization Modeling in Python. – <https://pyomo.readthedocs.io/en/stable/>
7. OptaPlanner Developers. OptaPlanner: Constraint Solver for Java. – <https://www.optaplanner.org/>
8. Lutz M. Learning Python. – O'Reilly Media, 2013. – 1648 p.

*Zinoviy Liutak, Candidate of Technical Sciences,
Docent, Department of information and
measurement technologies Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk*

IMPLEMENTING QUALITY ASSURANCE STANDARDS IN SOFTWARE DEVELOPMENT FOR A SMALL IT COMPANY

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2142/>

Standardization in information technology provides a common framework that helps organizations align their processes, tools, and communication. It ensures that software products meet consistent quality levels, enhances compatibility across systems, and simplifies maintenance and upgrades. For small IT companies, adopting standards can help establish credibility, improve customer trust, and ensure smoother collaboration with partners. Standards also facilitate compliance with regulatory requirements and enable businesses to operate more efficiently by reducing variability and eliminating redundant processes. Without a clear standard in place, development teams may face challenges in defining quality, resulting in inconsistent results and higher project risks.

Software development plays a foundational role in today's digital economy. From healthcare and finance to education and entertainment, almost every industry relies on software to deliver value, streamline operations, and innovate. Small IT companies often serve as incubators of innovation, offering agile solutions tailored to specific user needs or niche markets. As the demand for reliable, user-friendly, and scalable applications grows, the importance of disciplined software engineering practices-especially those involving quality assurance-becomes increasingly critical. Efficient software development not only drives technological progress but also supports economic growth and improves everyday life for individuals and businesses alike.

Scientific literature emphasizes the role of standards in improving software quality, reducing development time, and increasing project success rates. Studies show that applying frameworks like ISO/IEC 25010 enables systematic evaluation of software products, making it easier to identify flaws early in the development process [1]. Researchers have also investigated how tailored QA practices can be adapted for small and medium-sized enterprises (SMEs), showing that even limited implementations of quality models can lead to measurable improvements. Ongoing research focuses on integrating quality standards with agile methodologies, using

automation to enforce quality rules, and analyzing the return on investment for standard adoption in smaller IT organizations.

Implementing quality assurance (QA) practices in small and medium-sized enterprises (SMEs) requires a tailored approach that balances quality goals with limited resources. Unlike large corporations, SMEs often lack dedicated QA teams, formal processes, or extensive budgets for certification and compliance. Researchers have explored lightweight QA models that simplify traditional standards such as ISO/IEC 25010 or ISO/IEC 29110 (specifically designed for very small entities). These models emphasize essential practices like code reviews, automated testing, documentation, and iterative feedback, allowing SMEs to adopt quality assurance gradually without disrupting existing workflows. Implementing quality assurance (QA) practices in small and medium-sized enterprises (SMEs) requires a tailored approach that balances quality goals with limited resources. Unlike large corporations, SMEs often lack dedicated QA teams, formal processes, or extensive budgets for certification and compliance. Researchers have explored lightweight QA models that simplify traditional standards such as ISO/IEC 25010 or ISO/IEC 29110 (specifically designed for very small entities). These models emphasize essential practices like code reviews, automated testing, documentation, and iterative feedback, allowing SMEs to adopt quality assurance gradually without disrupting existing workflows. The benefits of adopting QA in small IT companies include improved software reliability, higher client satisfaction, and better risk management. Research findings suggest that even partial adoption of QA standards can reduce the number of defects and enhance team communication. However, challenges remain, particularly in ensuring team buy-in, maintaining documentation, and managing the cost of tools and training. Researchers recommend starting with pilot projects to demonstrate value, followed by incremental adoption of QA practices. Collaborative efforts with academic institutions or industry mentors have also proven effective in supporting SMEs during the transition toward structured quality assurance.

One of the most effective ways to gain team buy-in for quality assurance practices is through education and clear communication of the benefits. Team members should understand that QA is not about bureaucracy or control, but about improving product quality, reducing bugs, and making their work more predictable and less stressful in the long term. Involving developers, testers, and project managers in defining QA practices can foster a sense of ownership and commitment. Encouraging a quality-oriented culture through regular meetings, shared responsibility for code quality, and peer reviews helps integrate QA as a natural part of the development workflow. Recognizing and rewarding quality efforts also motivates team members to maintain high standards. Cost-related challenges,

such as purchasing tools or providing training, can be mitigated by leveraging open-source solutions and free learning resources. Tools like JUnit, Selenium, SonarQube, Jenkins, and GitLab CI/CD offer powerful capabilities for testing, static analysis, and automation without licensing costs. Additionally, free platforms like Coursera, edX, and YouTube provide high-quality training materials for developers to upskill in QA. SMEs should focus on gradually introducing practices, starting with critical areas such as automated unit testing or version control. This phased approach allows teams to see quick wins, measure improvements, and build confidence before investing in more advanced tools or certification frameworks.

References:

1. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. International Organization for Standardization, 2011.

*Губіна Світлана Іванівна,
кандидат педагогічних наук, доцент,
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця
ORCID: 0000-0001-5743-350X*

*Фрицюк Валентина Анатоліївна,
доктор педагогічних наук, професор,
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця
ORCID: 0000-0001-6133-2656*

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2140/>

Традиційні ресурси, що працювали в аудиторному навчанні набули нового змісту в умовах дистанційної освіти, а звичні методи, прийоми та форми навчання часто стали просто недосяжними. Визначимо найбільш затребувані та актуальні для педагогів ресурси, що здатні оптимізувати роботу, модернізувати освітнє середовище в умовах дистанційної освіти.

Штучний інтелект (ШІ, англ. artificial intelligence, AI) є розділом комп'ютерної лінгвістики та інформатики, який швидко розвивається, і зосереджується на розробці абсолютно нових продуктів, що можуть бути застосовані у різноманітних сферах діяльності людства.

Аналіз наукових пошуків засвідчив, що питанням штучного інтелекту та його застосування в освіті присвячено багато робіт науковців як за кордоном (Уттерберг, Моден, Марі, Хамаль, Уссама, Ель Фаддулі та Мулай Хачем Алауї Харуні), так і в Україні (Баніт О., Баранов О.).

Вже майже три десятки років існує специфічний напрям вивчення досягнень застосування штучного інтелекту в освіті (AIED), вченими обговорюються такі речі, як завдання, методологія, приклади застосування та проблеми AI [2]. Вченими активно вивчається питання, як буде відбуватися саморегуляція у галузі мотивації, комунікації у середовищах із залученням штучного інтелекту [4].

Достатньо цікавим та перспективним напрямком є розвиток індивідуальних траєкторій навчання, що дозволить здобувачам освіти успішно опановувати навички та знання під контролем та регуляцією штучного інтелекту, використовуючи його для підтримки активного бажання навчатися відповідно до дидактичного принципу поступовості.

Існує багато нових задач у створенні освітніх середовищ для персоналізації навчання, мобільного гнучкого навчання, розробки освітніх дидактичних ігор та дидактичної симуляції. Активно створюються практичні кейси та курси для використання в освіті. Дослідники цієї проблематики приділяють багато уваги емоційним та соціальним галузям застосування штучного інтелекту [3].

За останні роки широкоживаними та звичними стали такі послуги, що забезпечуються цифровими алгоритмами та системами, як Google Translate, Siri і Google Assistant, а створені, на основі штучного інтелекту від Google чат-боти ChatGPT Bard можуть швидко надавати відповіді на будь-які запитання, пояснення, робити наведення прикладів, написання віршів чи оповідань і узагальнень тексту. Візуальні послуги, створені на основі текстів, будь-якою мовою, сьогодні також дуже розвинені. Приклади інструментів, які дозволяють вводити текст для створення реалістичних зображень, включають Stable Diffusion та Imagen: Text-to-Image Diffusion Models [1].

У роботі педагога штучний інтелект не тільки допоможе створювати презентації на задану тематику, а і виконати ще багато допоміжної роботи [2]. Так можливо створювати тестові завдання на основі запропонованого контенту з однією правильною відповіддю на вибір, для організації роботи здобувачів освіти або викладача можливо створення чек-листів. Педагог може за допомогою ШІ згенерувати текст для слайдів презентації, створити таблицю, флешкарти за вказаною темою. Сучасні можливості дають цифровому засобу

генерувати ідеї проєктів на запропоновану тематику, обираючи можливі варіанти за ключовими словами.

Якщо говорити про роботу з медіа, яка завжди забирає багато часу педагога під час підготовки до заняття, штучний інтелект може згенерувати зображення у притаманному йому стилі за заданою темою, трансформувати скан-копію чи фото сторінки в текст, що піддається редагуванню. Саме за допомогою цифрових застосунків педагог може видалити фон зображення, вибрати текст з відео та перекласти чи озвучити текст. Цікавими є симуляції розмови з видатними діячами минулого або сьогодення.

Креативний педагог, використовуючи поради двомовного (українська, англійська) «Персонального помічника вчителя», інноваційного інструменту, розробленого на основі штучного інтелекту, може ефективно організувати роботу з медіа, створювати завдання та вправи, пропонуючи здобувачам освіти шукати помилки у пропозиціях ІІІ, перекладати тексти, створювати візуальний контент та створювати тестові завдання, мотивувати до вивчення освітніх тем.

На нашу думку, штучний інтелект є важливим інструментом в освіті, який спроможний допомогти викладачеві, але ні в якому разі не здатен замінити його. В умовах дистанційного навчання застосування цифрових засобів, а особливо використання штучного інтелекту у професійній діяльності та особистісному розвитку є незаперечним.

Література:

1. Баніт О. Цифрова трансформація корпоративної освіти: вітчизняний і зарубіжний досвід. Collection of Materials and Abstracts of Reports of the Round Table of the Department of Scientific Information and Analytical Support of Education of the V. Sukhomlynskyi State Scientific and Educational Library of Ukraine. Vinnytsia : TVORY, 2023. 89 p. URL: <http://dnrb.gov.ua/wpcontent/uploads/2023/06/VNIASO-Round-Table-17052023>
2. Баранов О. А. Визначення терміну “штучний інтелект”. *Інформація і право*. 2023. №. 1 (44). С. 32-49. URL: <http://il.ippi.org.ua/article/view/287537>
3. Губіна С. І. Основи педагогічних вимірювань і моніторингу якості освіти: методичні рекомендації. Вінниця, 2018. 64 с.
4. Oliinyk T., Mishchenko O., Ievliev O., Saveliev D., Hubina S. Inclusive education in Ukraine: conditions of implementation and challenges. *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade*. 2023. Vol. 16. No. se2. P. 50-62. URL: <https://www.brajets.com/index.php/brajets/article/view/1286>

*Єна Максим Вікторович, аспірант,
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків
ORCID: 0009-0006-0664-3244*

*Науковий керівник: Погудіна Ольга Константинівна,
кандидат технічних наук, доцент,
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків*

РОЛЬ ХМАРНИЙ ОБЧИСЛЕНЬ У МАСШТАБОВАНOSTІ СЕРВІСІВ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ БПЛА

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2150/>

Швидке зростання кількості безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вимагає ефективного управління повітряним простором, зокрема в умовах міської інфраструктури. Традиційні централізовані системи управління трафіком виявляються недостатньо гнучкими та масштабованими для обробки великої кількості БПЛА. Хмарні обчислення відіграють ключову роль у створенні адаптивних, надійних і масштабованих сервісів управління трафіком БПЛА (UAV Traffic Management, UTM).

Використання хмарних платформ для зберігання та обробки телеметричних даних

БПЛА постійно генерують великі обсяги телеметричних даних (координати, швидкість, висота, стан акумулятора, погодні умови тощо), що мають передаватися у реальному часі до центрів обробки. Хмарні платформи, такі як Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure або Google Cloud Platform, забезпечують:

- **Масштабоване сховище** для зберігання структурованих і неструктурованих даних.
- **Високошвидкісну обробку** даних завдяки використанню віртуальних серверів та контейнеризованих мікросервісів.
- **Паралельну обробку даних** для підвищення швидкості реагування та ухвалення рішень. Завдяки використанню хмари можна інтегрувати дані з різних джерел (БПЛА, наземних сенсорів, камер спостереження, погодних API) для побудови єдиної ситуаційної картини повітряного простору [1].

Забезпечення динамічного розподілу обчислювальних ресурсів

Хмарні сервіси дозволяють динамічно масштабувати ресурси відповідно до поточного навантаження (наприклад, збільшення кількості активних БПЛА в пікові години). За допомогою **автоскейлінгу** та **орієнтації на події** можна

в режимі реального часу збільшувати кількість віртуальних машин або контейнерів, що обслуговують трафік [2]. Це дозволяє:

- Зменшити затримки у маршрутизації польотів.
- Підвищити стійкість системи до пікових навантажень або збоїв.
- Забезпечити ефективне резервне копіювання, реплікацію та швидке відновлення даних.

Хмара також дозволяє запускати алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування завантаження повітряного простору, виявлення конфліктів маршрутів, оптимізації польотних планів.

Інтеграція з мобільними та наземними інтерфейсами

Хмарні інтерфейси дозволяють оперативно обмінюватися інформацією між усіма учасниками UTM-системи: операторами БПЛА, наземними диспетчерами, службами безпеки. Завдяки API та хмарним SDK можна створювати мобільні застосунки для контролю за маршрутом польоту, отримання повідомлень про зміни погодних умов чи інструкції від регулятора. Хмара забезпечує **віддалений доступ** до інтерфейсів системи в будь-якій точці світу.

Безпека та відповідність вимогам

Хмарні платформи забезпечують шифрування даних, автентифікацію користувачів та контроль доступу. Завдяки **дотриманню стандартів** (наприклад, ISO/IEC 27001, SOC 2, NIST) хмарні сервіси можуть бути інтегровані в державні або приватні UTM-рішення. Зберігання історії польотів та телеметрії в хмарі дозволяє проводити аудит, аналіз інцидентів і вдосконалення алгоритмів управління [3].

Висновки

Хмарні обчислення є фундаментальним компонентом масштабованих та адаптивних систем управління трафіком БПЛА. Вони забезпечують не лише ефективне зберігання та обробку великих обсягів даних, але й динамічне масштабування обчислювальних ресурсів, що є критично важливим у контексті зростання кількості БПЛА. Надалі роль хмарних технологій у UTM-системах лише зростатиме, зокрема у зв'язку з розвитком міської повітряної мобільності (UAM), інтеграцією 5G та появою автономних роїв дронів.

Література:

1. Amazon Web Services. AWS for Drones and Robotics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aws.amazon.com/industries/aerospace/robotics/>
2. Google Cloud. UAV Data Management Using GCP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cloud.google.com/solutions/uav-data>

3. NASA UTM Project. Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://utm.arc.nasa.gov/>

*Клименко Євгеній Олегович, здобувач PhD за спеціальність
комп'ютерні науки, Національний університет
біоресурсів і природокористування України, Київ
ORCID: 0009-0006-6353-6015*

*Науковий керівник: Глазунова Олена Григорівна,
доктор педагогічних наук, професор,
проректор з науково-педагогічної роботи та
цифрової трансформації, Національний університет
біоресурсів і природокористування України*

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРОГНОЗНОЇ АНАЛІТИКИ УСПІШНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2147/>

Дослідженню інформаційних систем прогнозування успішності здобувачів освіти у широкому і вузькому розумінні присвячено праці багатьох науковців, як українських [1] так і закордонних [2]. Поява великих даних в освіті пояснюється щонайменше двома основними тенденціями цифрової ери: по-перше, запис і зберігання інституційних даних у традиційних умовах дедалі більше оцифровуються, що призводить до величезної кількості стандартизованої інформації про студентів. По-друге, навчальна поведінка, яку було складно зафіксувати в аудиторіях віч-на-віч, тепер може бути всебічно охоплена системами управління навчанням (LMS). У процесі функціонування системи електронного навчання кожен користувач залишає в ній так званий "цифровий слід" (інформацію про самого користувача, різні записи в базах даних (про діяльність, про повідомлення, про оцінки тощо), окремі файли та інші дані). Аналіз і формалізація цієї інформації може сприяти розробленню моделі цифрового сліду, використовуючи яку можна розробити оптимальний підхід до формування інформаційної системи прогнозування успішності студентів з використанням методів інтелектуального аналізу даних (рис.1)

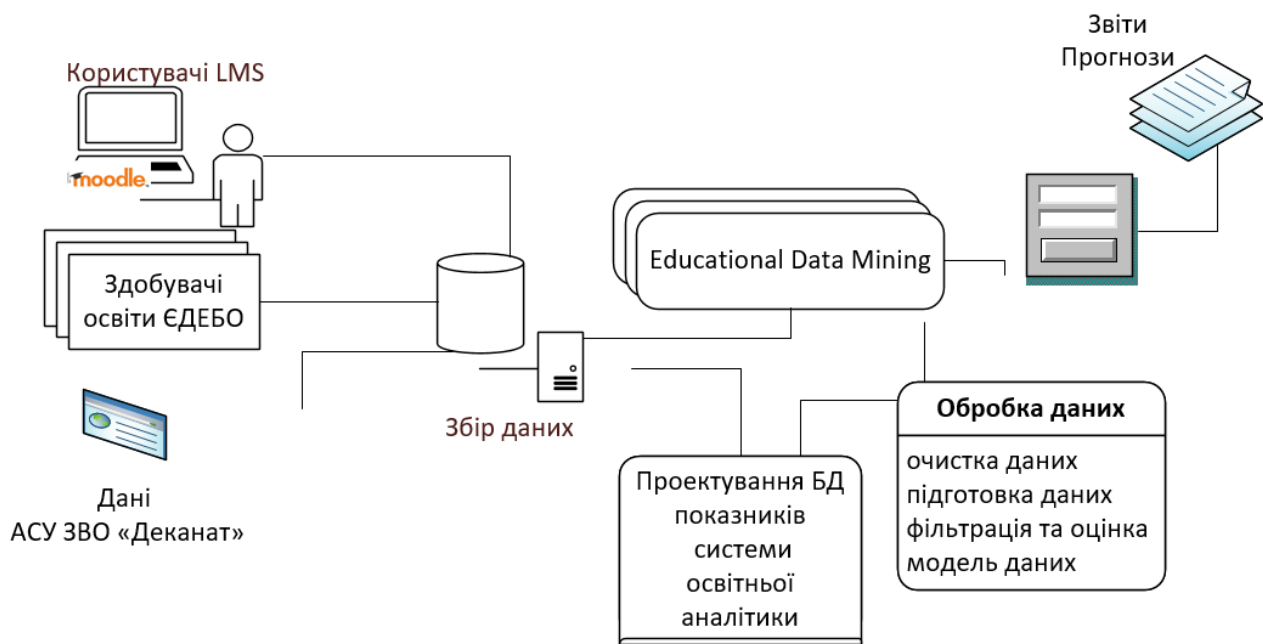


Рис. 1. Формування інформаційної системи прогнозової аналітики успішності студентів

Використання різноманітних цифрових інструментів та платформ для покращення освітнього процесу генерує величезну кількість цифрових слідів учасників освітнього процесу. Можна переконливо сказати, що вдосконалення технологій, особливо у сфері штучного інтелекту та аналізу даних, можуть дати рекомендації для здобувачів освіти як навчатися ефективніше, результативніше та з задоволенням. Головне завдання закладу освіти – випуск якісних випускників. Для досягнення цієї мети заклад повинен контролювати успішність студентів, знаючи якомога більше інформації про студента та надаючи рекомендовані заходи для підтримки належної успішності.

Інтелектуальний аналіз освітніх даних (EDM) є добре відомою сферою досліджень, де дані будуть витягуватися з різних джерел освітнього середовища навчального закладу і пізніше аналізуватися відповідно до розроблених моделей і візуалізуватися в інтерактивні шаблони для різних стейкхолдерів. Крім того, основною метою EDM є виявлення нових знань і прихованих закономірностей, які існують у студентських даних і можуть впливати на прийняття рішень.

Численні моделі або методики були запропоновані в різних освітніх контекстах для прогнозування успішності студентів [3]. Передові методи машинного навчання (ML) можуть передбачати успішність студента за ключовими характеристиками на основі академічних, поведінкових та демографічних даних. Для використання прогностичного моделювання на першому кроці використовується декілька завдань, а саме класифікація, регресійний аналіз та кластеризація. Серед поширених алгоритмів EDM,

використовуються дерева рішень (Decision Tree), Bayesian Network, Artificial Neural Networks, Naive Bayes, K-Nearest Neighbour, Support Vector Machine (SVM) та інші. З використанням методів інтелектуального аналізу даних прогностичне моделювання зазвичай використовують у прогнозуванні успішності студентів. Загалом кількість досліджень у сфері інтелектуального аналізу даних у освітніх програмах швидко зростає, а також збільшується різноманітність використовуваних методів. Встановлено на основі системного дослідження та класифіковано атрибути, що брались до уваги найчастіше в прогнозуванні успішності здобувачів освіти: персональні, академічні, економічні, соціальні та інституційні. І найбільш досліджуваними є персональні чинники, такі як: вік, гендер, національність, приналежність до сільської чи міської території, тощо. Проте традиційні алгоритми та підходи інтелектуального аналізу даних не можуть бути безпосередньо застосовані до вирішення проблем у навчальному процесі, оскільки вони можуть мати специфічну мету та функцію. Це означає, що спочатку повинен бути застосований алгоритм попереднього оброблення даних і тільки тоді можуть бути застосовані деякі специфічні методи аналізу даних. На основі огляду великої кількості літературних джерел доведено, що якість знань та успішність здобувачів освіти формується в результаті взаємодії двох груп учасників освітнього процесу: здобувачів освіти та викладачів. Вони, як правило, можуть взаємодіяти офлайн, тобто надання освітніх послуг відбувається безпосередньо на базі навчальних лабораторій закладів освіти чи онлайн при використанні інформаційних технологій, цифрових сервісів та платформ, що також має значний вплив на набуття відповідних компетентностей та на якість одержаних знань і підвищує успішність студентів.

Концептуальна математична модель, яка формалізує формування успішності здобувача освіти має ієрархічну структуру, поєднуючи атрибути та метрики освітніх даних:

$$F = Q_m, Q_k, Q_t, Q_s \rightarrow \text{extr}(\max),$$

де F – інтегральний показник успішності здобувачів освіти;

Q_m – використання LMS для онлайн навчання (LMS moodle);

Q_k – якість і доступність освітнього контенту у системі (використання атестованих ЕНК);

Q_t – професійність викладача (відповідність освітній компоненті)

Q_s – ефективність роботи студента (активність на курсі).

Освітні технології збирають велику кількість даних про перебіг навчання.

Аналізуючи їх, і освітяни і стейкхолдери можуть отримувати цінну інформацію про моделі навчання, щоб покращувати програми, розуміючи, з чим у слухачів виникають труднощі, виявляти індивідуальні потреби здобувачів

певних груп та адаптувати навчальні курси, прогнозувати популярність певних проєктів серед аудиторії.

Усестороннє впровадження інформаційних технологій змінив освітню поведінку студентів. Можна сказати, що вдосконалення технологій, особливо у сфері штучного інтелекту та аналізу даних, можуть забезпечити вищий ступінь задоволеності та ефективності навчання. А отже для менеджменту якості освіти стає важливим розробка моделі прогнозування, яка дає орієнтир зацікавленим сторонам, таким як університет, спонсори студента, батьки, інші стейкхолдери, які можуть контролювати та інтерпретувати успішність студента.

Література:

1. Глазунова О, Клименко, Є., Волошина, Т., Мокрієв М., Вороненко О. Освітня аналітика в університетах: інструменти для аналізу та прогнозування. Телекомунікаційні та інформаційні технології. №2 2024, с.49-59.
2. Khan, I., Ahmad, A. R., Jabeur, N. et al. An artificial intelligence approach to monitor student performance and devise preventive measures. *Smart Learn. Environ.* 8, 17 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00161-y>
3. Lynn, N. D., and A. W. R. Emanuel. "Using Data Mining Techniques to Predict Students' Performance. a Review." In *IOP Conference series: materials science and engineering*, vol. 1096, no. 1, p. 012083. IOP Publishing, 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1096/1/012083>

Коростинський Богдан Степанович,
бакалавр, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів
ORCID: 0009-0005-5739-9678

Кісь Ярослав Петрович, кандидат технічних наук,
доцент, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів
ORCID: 0000-0003-3421-2725

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2162/>

Багато існуючих методів аналізу даних базуються на припущенні щодо чистоти, однорідності та повноти оброблювальних даних, що створює певні обмеження при роботі з певними видами інформації. У цій роботі проводиться

огляд існуючих рішень, які застосовуються для інформаційного аналізу даних, та надає детальний аналіз можливостей, які вони відкривають для обробки складних та різноманітних даних, а також їхні переваги та недоліки.

Ключові слова: видобування даних, штучний інтелект, попередня обробка даних, якість даних, аналіз даних.

Вступ

У сучасному світі обсяг даних, що генеруються щодня, неухильно зростає. У різних сферах діяльності фіксуються тепер не лише фінансові показники, а й численні інші дані, що відображають різноманітні події, досягнення чи показники діяльності – від кількості виконаних завдань до обсягів наданих послуг чи інших важливих параметрів. Інформація, яка є критично важливою або потрібною на постійній основі, зазвичай зберігається в зручних для доступу та обробки форматах. Однак часто інформація, з якою необхідно працювати одноразово або кілька разів, виявляється неповною, фрагментованою, поданою у незручному вигляді або в неефективних структурах, що ускладнює її використання та аналіз.

Ця стаття зосереджена на огляді та аналізі наявних підходів, які можуть бути використані для подолання різноманітних труднощів, що виникають під час роботи з даними такого типу.

Основна частина

Ефективна робота штучного інтелекту вимагає наявності значних обсягів даних і потужних обчислювальних ресурсів. Значна частина зусиль у цій сфері спрямована на пошук нових та вдосконалених методів моделювання, однак однією з найбільш трудомістких задач для практиків залишається збирання та очищення даних. У деяких випадках дослідження показують, що понад 80% часу, витраченого на розробку моделей, припадає саме на етап підготовки даних [1-2].

Очистка даних

Серед різних етапів підготовки даних центральне місце займає процес очищення, що полягає у виявленні та усуненні помилок, пропусків або суперечностей у даних. Якісне виконання цього кроку істотно полегшує подальшу роботу з нестандартною інформацією, яка у своєму початковому вигляді непридатна для автоматизованого аналізу. Успішна очистка дозволяє звести складну задачу обробки сирих та фрагментованих даних до значно простішої – обробки впорядкованої та узгодженої інформації, схожої за структурою на умовно ідеальні централізовані набори.

У цьому розділі розглянемо два взаємопов'язані напрямки: застосування традиційних підходів до очистки даних у контексті машинного навчання,

а також використання самих методів машинного навчання для автоматизації та покращення процесів очистки даних.

Проблема очищення даних визнається як однією з ключових як у сфері аналізу даних, так і в галузі машинного навчання. Водночас не існує універсального інструменту або методу, який можна було б ефективно застосувати в кожному випадку – кожен набір даних має свої особливості, структуру та джерела помилок. З цієї причини процес очищення часто передбачає попередній розвідувальний аналіз, під час якого аналітик створює візуальні репрезентації даних, досліджує закономірності, тренди та потенційні аномалії.

Один із поширених підходів передбачає використання підмножини даних у попередньо навчених моделях машинного навчання з метою виявлення помилок або невідповідностей ще до повноцінного навчання. На основі отриманих результатів аналітик може здійснити ручне очищення або застосувати спеціалізовані інструменти для автоматизованої обробки, після чого модель повторно тренується на вже очищених і підготовлених даних. Такий ітеративний підхід забезпечує покращення якості моделей і підвищує достовірність результатів аналізу [3].

Протягом років було розроблено безліч інструментів для спрощення процесу очищення даних та інтеграції очищення з тренуванням моделей машинного навчання. Наприклад, ActiveClean [4] використовує метод градієнтного спуску, що дозволяє очищати невеликі партії даних у моделях з опуклими функціями втрат, таких як лінійна регресія та моделі змішування. BoostClean [5] застосовує статистичний бустінг для корекції помилок, зокрема для випадків, коли значення атрибута знаходиться поза межами його допустимого діапазону. Однак основними недоліками цих підходів є необхідність повторних зусиль для очищення даних при налаштуванні різних моделей машинного навчання та труднощі порівняння результатів різних моделей.

Інша група інструментів очищення даних використовує методи машинного навчання для виправлення аномалій та помилок у даних. Scared [6], GDR [7] та HoloClean [8] застосовують різні моделі машинного навчання для оцінки ймовірностей помилок та пропонують їх виправлення. Крім того, активно використовуються методи активного навчання [9], щоб заохотити користувачів маркувати дані, що можуть бути помилковими, та отримувати своєчасний зворотний зв'язок, що допомагає запобігти поширенню помилок у подальшому аналізі.

Проте, незважаючи на наявність цих інструментів, процес підготовки даних для моделей машинного навчання досі не можна вважати спрощеним. Система очищення даних залишається децентралізованою, і кожен інструмент

спеціалізується лише на вузькому колі завдань виявлення та виправлення помилок, що вимагає комплексного підходу та ретельного налаштування для кожного конкретного випадку.

Інструмент DataAssist застосовує більш узагальнений підхід до очищення даних. Окрім стандартних та універсальних перевірок на цілісність інформації, таких як виявлення відсутніх значень, аномальних значень (outliers), дублікатів і несхідностей, DataAssist також використовує методи для передбачення ключових атрибутів даних. Це здійснюється за допомогою асоціативного аналізу, який дозволяє виявити зв'язки між змінними, що можуть бути важливими для подальшого аналізу.

Крім того, DataAssist використовує тренувальні дані з платформи Kaggle, де користувачі виконують аналіз та очищення даних. Це дозволяє системі отримувати інформацію про те, як різні аналітики взаємодіють із даними, яку стратегію очищення застосовують і на яких аспектах фокусується увага. Зібрана інформація допомагає системі прогнозувати найбільш важливі змінні для подальшої роботи з даними, що підвищує ефективність очищення та аналізу.

Ця функція є особливо корисною для побудови повністю автоматизованої системи. Визначення ключових параметрів значно спрощує процес централізації організації даних. Якщо інформація розподілена на кілька фрагментів, містить повторення або несхожості, або є складною для обробки, як, наприклад, адреси, назви чи інші структурно складні дані, визначення основних змінних створює можливості для ефективнішого використання цієї інформації в інтеграції з LLM агентами або чатботами для її подальшої обробки.

Генеративний ШІ як інструмент аналітики

Із розвитком великих мовних моделей зростає і їхній потенціал у сфері аналізу даних. Вони здатні не лише інтерпретувати текстову інформацію, а й ефективно працювати з табличними структурами, виявляючи закономірності та формулюючи аналітичні висновки. Завдяки цим можливостям LLM-моделі стали потужним інструментом, що значною мірою змінює підходи до роботи з даними. У сучасних дослідженнях дедалі більше уваги приділяється розробці агентів, що працюють на основі мовних моделей – так званих data agents, які здатні автоматизувати виконання аналітичних завдань за допомогою природної мови. Прикладом таких рішень є ChatGPT-Advanced Data Analysis (ChatGPT-ADA) та ChatGLM-Data Analysis (ChatGLM-DA), що демонструють нові можливості генеративного ШІ у сфері обробки даних [10].

Поява таких агентів аналізу даних пропонує потенційне вирішення раніше згаданих проблем, оскільки знижує бар'єр входу для користувачів, які не

мають знань у програмуванні або статистиці. Завдяки інтуїтивному інтерфейсу, що використовує можливості LLM-моделей, користувачі можуть формулювати запити природною мовою, а агенти з аналізу даних інтерпретують ці інструкції, отримують відповідні дані та самостійно застосовують відповідні аналітичні методи.

Однією з ключових вимог до мовної моделі при її застосуванні для аналітики є ефективне управління пам'яттю [11]. Це забезпечує здатність моделі не лише реагувати на поточні запити, а й враховувати контекст попередньої взаємодії – зокрема, як історію звернень користувача, так і власні попередні відповіді. Для реалізації такої функціональності було запропоновано концепцію Self-Controlled Memory.

Цей підхід структурує систему на три основні компоненти:

LLM-агент – ядро системи, що виконує основну логіку обробки;

Memory stream – сховище, в якому зберігається історія пам'яті агента;

Memory controller – модуль, що відповідає за оновлення пам'яті, її очищення та управління довгостроковим і короткостроковим контекстом.

Кожне нове звернення до агента проходить обробку з урахуванням обох типів пам'яті – короткострокової, яка використовується для поточної сесії, та довгострокової, яка зберігає важливі знання або ключові висновки з минулих сесій. Контролер пам'яті вирішує, яка інформація заслуговує на збереження у довгостроковій пам'яті, а яка має бути утилізована, забезпечуючи тим самим релевантність і ефективність роботи системи, уникаючи накопичення зайвих даних.

Ще одним важливим аспектом ефективної роботи LLM агента є коректне використання інструментів, які дозволяють розширити його можливості за межі стандартної мовної обробки. Інструменти стають необхідними для вирішення завдань, які не під силу базовій LLM через обмеження в обчислювальних можливостях або через необхідність виконання специфічних операцій. Іноді моделі не можуть правильно виконувати навіть базові арифметичні операції, якщо запит містить декілька одиниць виміру або складні математичні вирази. Наприклад, Chat GPT-4o mini може не змогти точно вивести результат операції, що містить різні одиниці виміру, оскільки модель не здатна коректно обробити перерахунки або врахувати всі параметри запиту, покладаючись лише на текстову інформацію.

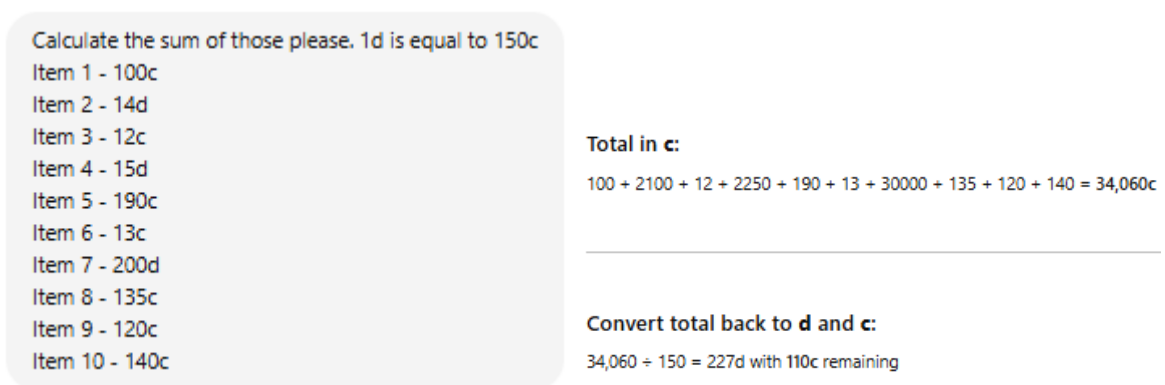


Рисунок 1: Приклад некоректного обчислення завдання, яке містить різні одиниці виміру. Правильною відповіддю є 233d with 110c remaining.

Для таких випадків використовується спеціалізовані інструменти, які виконують необхідні обчислення або обробку даних. Це можуть бути математичні калькулятори, інструменти для конвертації одиниць виміру, або навіть доступ до зовнішніх баз даних для отримання точних даних. Застосування таких інструментів дозволяє LLM агенту надавати більш точні та коректні відповіді, забезпечуючи додаткову гнучкість та здатність до вирішення складніших завдань.

Висновок

У цій роботі було здійснено огляд сучасних рішень для аналізу даних в інтелектуальних інформаційних системах, зокрема в умовах неповних, фрагментованих або нестандартизованих даних. Розглянуто різні підходи до попередньої обробки інформації, включаючи як традиційні методи очищення, так і інструменти, що використовують методи машинного навчання. Окрему увагу приділено можливостям застосування великих мовних моделей, які відкривають нові шляхи для автоматизації аналітичних процесів.

Аналіз показав, що попри відсутність універсального рішення для всіх випадків, поєднання різних технік та інструментів – зокрема систем з контрольованою пам'яттю, використанням зовнішніх інструментів і можливістю взаємодії через природну мову – створює передумови для побудови гнучких та ефективних систем роботи з даними. Такий підхід дозволяє значно зменшити трудомісткість попередньої обробки та покращити якість аналітичних результатів у реальних умовах.

Список використаної літератури:

1. Big Data in Corporate Accounting and Data Analysis: Opportunities and Challenges. URL: https://www.researchgate.net/publication/382553846_The_Use_of_Big_Data_in_Corporate_Accounting_and_Data_Analysis_Opportunities_and_Challenges
2. How can Big Data contribute to improve the financial performance of companies? URL: <https://www.redalyc.org/journal/4237/423770224008/>
3. Pierre-Olivier Côté, Amin Nikanjam, Nafisa Ahmed, Dmytro Humeniuk, Foutse Khomh. Data Cleaning and Machine Learning: A Systematic Literature Review URL: <https://arxiv.org/abs/2310.01765>
4. S. Krishnan, J. Wang, E. Wu, M. J. Franklin and K. Goldberg, “ActiveClean: Interactive Data Cleaning While Learning,” arXiv preprint arXiv:1601.03797, 2016.
5. S. Krishnan, M. J., K. Goldberg and E. Wu, “BoostClean: Automated Error Detection and Repair for Machine Learning,” arXiv preprint arXiv:1711.01299, 2017.
6. M. Yakout, L. Berti-Equille and A. K. Elmagarmid, “Don’t be SCARED: Use SCalable Automatic REpairing with Maximal Likelihood and Bounded Changes,” in Proceedings of the 2013 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2013, pp. 193-204.
7. M. Yakout, A. K. Elmagarmid, J. Neville, M. Ouzzani and I. F. Ilyas, “Guided Data Repair,” in Proceedings of the VLDB Endowment, vol. 4, no. 5, pp. 290-301, 2011.
8. T. Rekatsinas, X. Chu, I. F. Ilyas and C. Re, “Holoclean: Holistic data repairs with probabilistic inference,” in Proceedings of the VLDB Endowment, vol. 10, no. 11, pp. 1190-1201, 2017.
9. S. Sarawagi and A. Bhamidipaty, “Interactive deduplication using active learning,” in Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2002, pp. 269–278.
10. Maojun Sun, Ruijian Han, Binyan Jiang, Houduo Qi, Defeng Sun, Yancheng Yuan, Jian Huang. A Survey on Large Language Model-based Agents for Statistics and Data Science. URL: <https://arxiv.org/abs/2412.14222>
11. Bing Wang, Xinnian Liang, Jian Yang, Hui Huang, Shuangzhi Wu, Peihao Wu, Lu Lu, Zejun Ma, Zhoujun Li. SCM: Enhancing Large Language Model with Self-Controlled Memory Framework URL: <https://arxiv.org/abs/2304.13343>

Красовський Андрій Олександрович, здобувач
вищої освіти, Національний університет
«Києво-Могилянська академія», м. Київ
ORCID: 0009-0005-0164-0557

Кальченко Антоніна Сергіївна,
Technical Trainer Grid Dynamics, м. Київ
ORCID: 0000-0002-2782-1840

Науковий керівник: Дейнеко Анастасія Олександрівна,
кандидат технічних наук, доцент,
ІТ СТЕП Університет, м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ ДАНИХ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2159/>

Ключові слова: *фейкові новини, дезінформація, NLP, fake detection, dataset, очищення даних, машинне навчання, модель, FNet, FastText, AWD-LSTM.*

Вступ. Поява та розвиток інтернету надали людству можливість легкого та швидкого поширення інформації у маси. Останнім часом з'явилася велика кількість онлайн-ресурсів, які створюють нескінченний потік новин. Збільшення обсягів інформації призводить до появи великої кількості фейкових новин, які можуть вводити в оману широке коло людей навіть у світовому масштабі. Часто вони спрямовані на дезінформацію, маніпуляцію, пропаганду, створення конфліктів та поляризацію суспільства, тому так гостро постає питання розпізнавання фейкових новин.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій стрімко розвиваються методи автоматичного виявлення недостовірних новин на основі статистичних, морфологічних, семантичних ознак і контекстуальних залежностей між елементами тексту. Важливу роль у цьому відіграють методи машинного навчання для виявлення неправдивих новин, які дозволяють автоматично класифікувати новини як правдиві або фейкові, що стало предметом даного дослідження.

Мета. Отримання ефективних моделей машинного навчання на основі відкритих джерел даних для задачі виявлення неправдивих новин в умовах обмеженості обчислювальних ресурсів, оперативної пам'яті та часу.

У роботі використано датасет Combined Corpus, створений авторами роботи «A Benchmark Study of Machine Learning Models for Online Fake News Detection», оскільки він зібраний з різних джерел та містить великий обсяг даних на різноманітні теми. На цьому датасеті було проаналізовано різні моделі машинного навчання: від SVM до трансформерів сімейства BERT. Найкращі результати були отримані на попередньо навченому трансформері RoBERTa та ансамблі з 5 Bi-LSTM [1]. З цими результатами було вирішено порівняти результати власних досліджень.

Обидва згаданих вище рішення є доволі вимогливими до обсягу обчислювальних ресурсів, тому для виконання дослідження використовувалися три сучасні моделі, які не вимагають великого обсягу обчислювальних ресурсів, оперативної пам'яті та часу, а саме: FNet, AWD-LSTM та FastText.

FNet – архітектура, створена як швидша альтернатива класичним трансформерам без значної втрати точності. Її особливість полягає у заміні механізму самоуваги швидкими перетвореннями Фур'є для «перемішування» токенів, що дозволяє знизити складність обчислень [2]. За основу взято базову імплементацію FNet з офіційного сайту Keras [3].

AWD-LSTM – це сучасніша та покращена версія звичайної LSTM мережі з використанням різних технік оптимізації та регуляризації: weight tying, змінної довжини послідовностей у зворотному поширенні, варіативного dropout, тимчасової регуляризації активацій та ін. [4]. Для подальшого навчання було обрано імплементацію моделі від FastAI [5].

FastText – модель для створення векторних представлень слів, запропонована командою розробників Facebook AI Research. На відміну від традиційних векторних представлень, FastText не використовує цілі слова для створення векторів, а розбиває їх на n-грами. Завдяки цьому модель добре працює з великою різноманітністю слів, у тому числі з рідковживаними [6].

Для оцінки якості моделей було вирішено використовувати зважену метрику F-1 (тут і надалі просто F-1 метрика чи оцінка), яка враховує незбалансованість у передбаченнях моделей та дозволяє більш повно оцінити результат навчання, на відміну від точності (ассурасу).

У ході дослідження отримано такі результати за F-1 метрикою: FNet – 0.97; AWD-LSTM – 0.92; FastText – 0.95. Нижче наведено F-1 метрики моделей, розглянутих під час дослідження, у порівнянні з найкращими моделями у роботі «A Benchmark Study of Machine Learning Models for Online Fake News Detection», де синім кольором виділено дані зі статті, зеленим – результати власних досліджень [1].

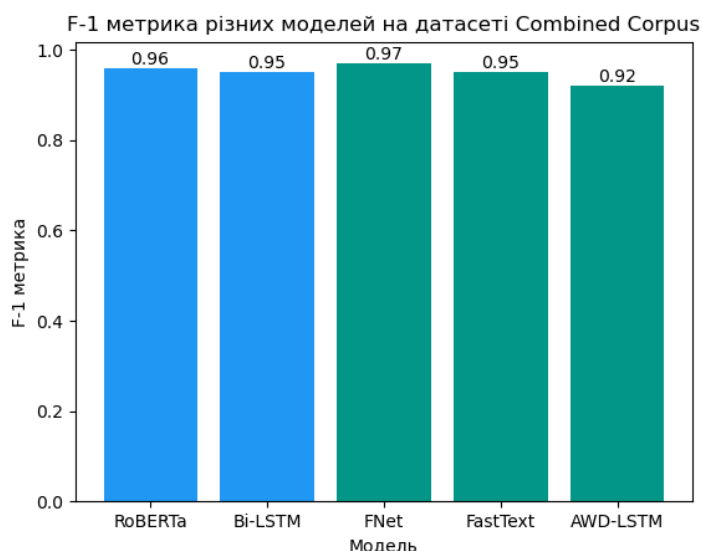


Рис. 1: Порівняння F-1 метрики різних моделей на датасеті Combined Corpus.

Як видно із наведеної діаграми, FNet перевершує результат трансформера RoBERTa на 0.01 (див. Рис. 1), але з огляду на розміри цих моделей (4.3 мільйони параметрів та 124.6 мільйонів параметрів відповідно) можна сказати, що перевага FNet навіть більша, адже вона швидше навчається та вимагає менше ресурсів для обчислень. FastText класифікатор досяг однакового результату з Bi-LSTM і лише на 0.01 поступається трансформеру RoBERTa (див. Рис. 1). Варто зазначити, що автори згаданої раніше роботи використовували ансамбль з 5 моделей Bi-LSTM для досягнення таких результатів, але такий підхід вимагає більших обчислювальних потужностей. Крім того, FastText призначений для навчання лише на CPU, і, зважаючи на його високі показники, можна сказати, що навчання такої моделі буде дешевшим, ніж тренування глибокої нейронної мережі.

FNet тренувалася значно швидше (у середньому приблизно 1 хвилина на епоху), ніж AWD-LSTM (17-25 хвилин на епоху) у тому ж середовищі виконання (з ідентичними GPU), тому такі високі результати роблять її особливо привабливою для використання в автоматизованих системах виявлення фейків.

Тренування FastText складалося з двох етапів: етапу автоматичного підбору гіперпараметрів, часом якого можна керувати (у цій роботі тривалість підбору була 20 хвилин), та етапу навчання моделі, який тривав приблизно 20 хвилин. Таким способом, готову модель було отримано за 40 хвилин. Це довше, ніж тренування FNet, але швидше за навчання AWD-LSTM. Проте вартість ресурсів, які потрібні для моделі FastText, значно нижча за вартість GPU, від параметрів яких суттєво залежить швидкість навчання глибоких нейронних мереж.

Нижче у таблиці наведено детальні дані метрик кожної з отриманих моделей. Для більш детального аналізу наводяться не тільки загальні метрики, а й метрики для кожного класу окремо.

Розгорнуті дані метрик досліджених моделей машинного навчання				
Метрики		FNet	FastText	AWD-LSTM
F-1 оцінка	загальна	0.97	0.95	0.92
	фейки	0.95	0.93	0.87
	правдиві новини	0.98	0.97	0.94
Precision	загальний	0.97	0.95	0.93
	фейки	0.96	0.97	0.98
	правдиві новини	0.97	0.95	0.90
Recall	загальний	0.97	0.95	0.92
	фейки	0.94	0.89	0.77
	правдиві новини	0.98	0.99	0.99

Висновки. Отримано три різні моделі: FNet, FastText та AWD-LSTM, на яких досягнуто високих результатів у класифікації фейкових новин. За допомогою архітектури FNet було досягнуто найвищого результату 0.97 на метриці F-1. Цей показник перевищує найкращу оцінку 0.96, отриману на трансформерах авторами статті «A Benchmark Study of Machine Learning Models for Online Fake News Detection» [1]. Зважаючи на значно менший розмір моделі FNet, отриманий результат можна вважати більш ефективним.

Перспективи подальших досліджень. Модель FNet як альтернатива трансформерам потенційно може бути застосована для україномовних новин, як і FastText, яка завдяки специфічному представленню слів також здатна працювати зі складними з погляду морфології та граматики мовами. Це може стати ідеєю для продовження та подальшого розвитку цього дослідження, адже україномовних датасетів загалом мало, а розмічених датасетів новин у відкритому доступі наразі немає.

Література:

1. A benchmark study of machine learning models for online fake news detection / J. Y. Khan et al. Machine Learning with Applications. 2021. Vol. 4. P. 100032. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100032>.
2. FNet: Mixing Tokens with Fourier Transforms / J. Lee-Thorp et al. Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Seattle, United

States. Stroudsburg, PA, USA, 2022. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2022.naacl-main.319>.

3. Keras documentation: Text Classification using FNet. Keras: Deep Learning for humans. URL: https://keras.io/examples/nlp/fnet_classification_with_keras_hub/.

4. Merity S., Keskar N. S., Socher R. Regularizing and Optimizing LSTM Language Models. 2017. URL: <http://arxiv.org/abs/1708.02182>.

5. AWD-LSTM documentation. fastai. URL: https://docs.fast.ai/text.models.awd_lstm.html.

6. Enriching Word Vectors with Subword Information / P. Bojanowski et al. Transactions of the Association for Computational Linguistics. 2017. Vol. 5. P. 135-146. URL: https://doi.org/10.1162/tacl_a_00051.

***Ривак Назар Тарасович,**
студент, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів, Україна
ORCID: 0009-0003-5951-548X*

***Демків Любомир Ігорович,**
доктор технічних наук, професор
кафедри інформаційних систем
та мереж, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів, Україна
ORCID: 0000-0002-2802-3461*

СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ КОТИРУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТИ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2157/>

Різкі коливання цін криптовалют, таких як Bitcoin та Ethereum, значно ускладнюють прогнозування та управління ризиками для інвесторів. Тому розробка інструментів прогнозування на основі аналізу великих даних із соціальних мереж та пошукових систем є вкрай актуальною задачею. У роботі запропоновано підхід, який поєднує аналіз пошукових запитів і соціальних медіа [2, 3, 4, 5] для створення моделі прогнозування котирування криптовалют. Це дозволяє отримати точніший прогноз у порівнянні з традиційними методами. Результати дослідження можуть бути застосовані інвесторами, трейдерами та розробниками торгових систем для мінімізації ризиків і підвищення ефективності роботи на ринку криптовалют.

Розроблювана інформаційна система спрямована на підтримку процесу прийняття обґрунтованих рішень на ринку криптовалют шляхом прогнозування

змін цінних котирувань. Основу функціонування системи становить аналіз великих обсягів даних із відкритих джерел, зокрема соціальної мережі X (раніше Twitter) [4] та аналітичної платформи Google Trends [2]. Система поєднує методи машинного навчання та аналізу тональності текстів (Sentiment Analysis) [6], що дозволяє здійснювати оцінку емоційного фону публікацій та загального інформаційного середовища навколо окремих криптовалют.

Прогнозування вартості активів здійснюється на основі даних у режимі реального часу, що дає змогу формувати актуальні та точні прогнози. Такий підхід зменшує ризики інвестування в умовах високої волатильності крипторинку. Важливою функціональною складовою системи є інтеграція з API сервісу CryptoCompare [1], що забезпечує оперативний доступ до даних про поточні та історичні ціни криптовалют. Це створює можливість для багатовимірного аналізу, включаючи оцінку історичних трендів і закономірностей, які можуть бути використані для підвищення точності прогнозних моделей.

Метою створення даної системи є забезпечення користувачів надійним інструментом для прийняття інформованих інвестиційних рішень у сфері криптовалют, зниження рівня ризику та підвищення ефективності операцій на основі сучасних технологій аналізу та прогнозування. Система розрахована як на досвідчених трейдерів, так і на користувачів-початківців, які прагнуть ефективно орієнтуватися в умовах високодинамічного фінансового середовища.

Також, при створенні даної системи можна виділити кілька ключових проблем, які вирішуються:

- Ринок криптовалют характеризується надзвичайно високою волатильністю, що значно ускладнює процес прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень. Розроблювана система враховує дану особливість, застосовуючи методи машинного навчання та аналізу тональності тексту (Sentiment Analysis) [6], що дозволяє зменшити рівень невизначеності та підвищити точність передбачень зміни ринкової вартості активів.

- Однією з ключових проблем сучасного ринку є інформаційна перенасиченість та наявність значного обсягу шуму в інформаційних потоках. Це ускладнює ідентифікацію релевантних трендів, які можуть впливати на формування цін. Розроблена система вирішує цю проблему шляхом інтеграції даних з різних джерел, зокрема соціальної мережі X [4] і пошукових трендів, що сприяє формуванню цілісної та достовірної аналітичної картини.

- Прогнозування динаміки криптовалютного ринку вимагає побудови складних математичних моделей і використання значних обчислювальних ресурсів. Запропонована система використовує сучасні алгоритми машинного навчання, що у поєднанні з аналізом тональності дозволяє забезпечити

високу точність прогнозів порівняно з традиційними методами технічного аналізу.

- Значна частина користувачів криптовалютного ринку не володіє необхідними знаннями або інструментами для глибокого аналітичного аналізу. Система орієнтована також на таких користувачів, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє автоматизувати процес прогнозування без необхідності глибокого технічного чи фінансового бекграунду.

- Застосування подібної системи зменшує вплив емоційного чинника на процес ухвалення інвестиційних рішень, забезпечуючи вищу ступінь об'єктивності й послідовності дій користувача в умовах нестабільного ринку.

Дана модель прогнозування вартості криптовалют, базується на аналізі даних із соціальної мережі X [4] та пошукових запитів Google Trends [2], із застосуванням алгоритмів машинного навчання.

Для реалізації поставлених завдань необхідно виконати низку дослідницьких та інженерних етапів, а саме:

- Розробити методологію збору та обробки даних із соціальних мереж і пошукових систем, зокрема визначити способи інтеграції таких даних з інформацією про динаміку криптовалют, з метою виявлення закономірностей їхньої взаємодії.

- Здійснити аналіз тональності повідомлень у соціальних мережах, застосовуючи інструмент VADER (Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner) [3] для визначення емоційного забарвлення текстів та його впливу на зміну вартості криптовалют.

- Сформувані індекси популярності пошукових запитів на основі даних Google Trends [2] та провести кореляційний аналіз між цими індексами і ринковими котируваннями криптовалют.

- Розробити, навчити та протестувати моделі з використанням алгоритмів машинного навчання, таких як поліноміальний баєсів класифікатор, Random Forest і логістична регресія, з метою підвищення точності прогнозування змін на ринку криптовалют.

Підсумовуючи, необхідно зазначити, що дана система є в процесі розробки і в результаті виконання очікуються такі результати:

1. Отримати модель, що інтегрує дані соціальних медіа та пошукових запитів для прогнозування вартості криптовалют.

2. Виявити сильну кореляцію між індексами Google Trends [2] та динамікою цін Bitcoin і Ethereum.

3. Використання поліноміального баєсів класифікатора, Random Forest і логістичної регресії дозволить досягти високої точності прогнозів, щонайменше 65%.

4. Підтвердити, що тональність та обсяг інформації у соціальних мережах є значущими факторами для передбачення цін криптовалют.

Список використаних джерел:

1. CryptoCompare. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cryptocompare.com>
2. Google Trends. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trends.google.com>
3. VADER Sentiment Analysis. GitHub repository. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/cjhutto/vaderSentiment>
4. X. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://x.com/>
5. Russell, M. Mining the Social Web: Data Mining Facebook, Twitter, LinkedIn, Instagram, GitHub, and More. – 3rd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2018. – 550 p.
6. Hutto, C. J., Gilbert, E. E. VADER: A Parsimonious Rule-based Model for Sentiment Analysis of Social Media Text. – In: Proceedings of the Eighth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM-14), 2014. – URL: <https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/view/14550>

*Сенета Олег Миколайович, здобувач
РВО бакалавр, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів
ORCID: 0009-0009-0736-0459*

*Науковий керівник: Яцук Юрій Васильович,
кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів*

СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ СКЕЛЕТУ СОБАК З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ DEEPLABCUT

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2161/>

У сучасному світі штучний інтелект активно застосовується для вирішення задач у різних галузях, зокрема у ветеринарії та біомеханіці. Одним із перспективних напрямів є аналіз руху тварин, зокрема собак, для оцінки їхнього здоров'я, діагностики патологій опорно-рухового апарату та дослідження біомеханіки. У даній роботі розглядається підхід до визначення скелету собак з використанням ШІ на основі інструменту DeepLabCut (DLC), який дозволяє автоматично відстежувати ключові точки на тілі тварини.

DeerLabCut – це відкрита бібліотека для маркування та аналізу пози тварин, яка базується на глибоких нейронних мережах, зокрема на архітектурі ResNet [1, с. 770; 2, с. 1282]. Цей інструмент дозволяє тренувати модель на невеликій кількості зображень, що робить його доступним для індивідуальних досліджень. У рамках роботи було проведено експеримент із тренування моделі DeerLabCut на прикладі собаки породи джек-рассел-тер'єр.

Для тренування моделі було використано набір із понад 3700 зображень собаки в різних позиціях, при різному освітленню та при різному задньому фоні. Така кількість забезпечила якість відслідковування скелету, так як визначення відбувається на камеру, і відповідно задній фон може змінюватись. Усі зображення було отримано в домашніх умовах за допомогою смартфона.

Для розмітки ключових точок на зображеннях використовувався DLC з Python-бібліотеками та графічним інтерфейсом Napari. Дані технолоії забезпечили комфортне управління набором даних і можливості тренування моделі. Napari – це інтерактивний інструмент для візуалізації та анотації даних, який інтегрується з DeerLabCut через Python-скрипти [4, с. 1235].

На кожному з цих картинок було вручну позначено 10 ключових точок скелету: голова, шия, передні та задні кінцівки, хвіст тощо. Кожна точка отримала унікальну мітку, а координати точок зберігалися у форматі CSV для подальшого використання в тренуванні моделі. Використання Napari дозволило значно прискорити процес анотації завдяки зручному графічному інтерфейсу та можливості масштабування зображень [4, с. 2153]. Всі збережені дані були згруповані в один датасет, над яким пізніше і відбувалось тренування моделі.

DeerLabCut тренувалася протягом 30 000 ітерацій на особистому комп'ютері з вбудованим графічним процесором та CPU, що зайняло приблизно 20 годин повного часу. Точність моделі після тренування склала 82%, що є достатнім для подальшого аналізу руху собаки.

Результати роботи представлені на рисунку 1, де показано зображення собаки з нанесеними ключовими точками скелету, визначеними за допомогою нетренованої на цих даних DeerLabCut. Кожна точка позначена різним кольором для зручності аналізу. Наприклад, точки на голові позначені зеленим кольором, на кінцівках – синім і червоним, а на хвості – помаранчевим.



Рисунок 1. Визначення скелету собаки за допомогою DeepLabCut

Можна побачити, що дані відстані між координатами є прив'язаними саме до цієї породи пса. Так як інші види собак можуть мати більший чи менший кістяк та загальну масивність, то й неронна мережа повинна бути налагоджена для роботи з даним типом породи. Для того, щоб це реалізувати необхідно додати зображення з розкресленими точками кістяка до загального датасету.

В реальному часі, маючи координати цих ключових точок, можна використати їх для аналізу поведінки чи пози собаки. Даний підхід може бути корисним для ветеринарів, кінологів та дослідників, які займаються аналізом руху тварин. Часто функціонал такого типу використовується також і в тренувальних цілях. Прикладом цьому можуть стати такі проекти як Petcube, Dogbase та інші.

У майбутньому планується розширити набір даних, включивши зображення собак різних порід, а також інтегрувати систему з технологіями реального часу для автоматичного моніторингу стану здоров'я тварин.

Література:

1. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. С. 770-778.

2. Mathis A., Mamidanna P., Cury K. M., et al. DeepLabCut: markerless pose estimation of user-defined body parts with deep learning. Nature Neuroscience. 2018. № 21. С. 1281-1289.
3. Nath T., Mathis A., Chen A. C., et al. Using DeepLabCut for 3D markerless pose estimation across species and behaviours. Nature Protocols. 2019. № 14. С. 2152-2176.
4. Sofroniew N., Lambert T., et al. Napari: a multi-dimensional image viewer for Python. Journal of Open Source Software. 2022. № 7. С. 1234-1240.

***Телюк Артем Михайлович, студент
магістратури, Національний університет
“Львівська політехніка”, м. Львів
ORCID: 0009-0000-1180-8492***

***Науковий керівник: Василюк Андрій Степанович,
кандидат технічних наук, доцент,
Національний університет
“Львівська політехніка”, м. Львів***

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ВОДІЮ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

Інтернет-адреса публікації на сайті:
<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2158/>

Вступ. Актуальність теми. Системи допомоги водію (ADAS) відіграють ключову роль у підвищенні безпеки дорожнього руху, надаючи водіям критичну інформацію в режимі реального часу. Інформаційні системи в ADAS допомагають водіям краще орієнтуватися, залишаючи відповідальність за керування автомобілем. Незважаючи на потенціал повної автоматизації, сучасні технології все ще вимагають участі водія. Тому вдосконалення інформаційних систем ADAS є важливим для зниження кількості аварій та покращення обізнаності водіїв.

Формулювання проблеми. Деякі підсистеми ADAS, такі як розпізнавання дорожніх знаків та виявлення вибоїн, недостатньо розвинені для застосування в реальному часі. Крім того, системи розпізнавання смуг руху, транспортних засобів та пішоходів вимагають значних обчислювальних ресурсів, що ускладнює їх використання на недорогих пристроях із обмеженими можливостями. Виклик полягає у створенні ефективної інтегрованої системи, що працює на апаратному забезпеченні з низькими ресурсами без втрати точності та швидкості.

Мета дослідження. Метою статті є оцінка існуючих методів в ADAS та розробка нових підходів для підвищення їх ефективності та точності. Основна увага приділяється вдосконаленню розпізнавання смуг руху, дорожніх знаків і вибоїн із використанням моделей глибокого навчання, таких як YOLOv8n. Пропонується створення модульної архітектури системи з паралельною обробкою для покращення роботи в реальному часі на обмежених ресурсах.

Огляд літератури. Розвиток систем допомоги водію (ADAS) досяг значних успіхів у виявленні смуг руху, розпізнаванні об'єктів і моніторингу стану дорожнього покриття, які є критичними для підвищення безпеки водіїв. Виявлення смуг руху стикається з труднощами в умовах поганої погоди та нерівномірної розмітки. Kaur і Kumar [1] виявили обмеження традиційних методів, таких як перетворення Хафа, які показують низьку точність у реальних умовах. Для вирішення цих проблем Rachel та ін. [3] запропонували підхід на основі CNN, що забезпечує понад 97% точності навіть у складних ситуаціях. Saha та ін. [2] розробили методику flood-fill, яка адаптується до змін освітлення, але обмежена в екстремальних умовах.

Розпізнавання об'єктів є ключовою складовою ADAS, особливо для систем попередження зіткнень. Murthy та ін. [4] використовували YOLOv5 для створення реального часу системи, яка ефективно визначає пішоходів, транспортні засоби та інші перешкоди. Цей підхід перевершує старіші моделі, як-от R-CNN, за швидкістю та точністю, що робить його придатним для застосувань у реальному часі. Розпізнавання дорожніх знаків також є важливою функцією ADAS. Golgire [8] досліджував використання CNN для цієї задачі, показуючи здатність алгоритмів ефективно працювати в умовах слабкої видимості та змін освітлення при мінімальній попередній обробці даних. Оптимізація моделей через підбір гіперпараметрів дозволяє працювати на пристроях із обмеженими ресурсами, що важливо для реального часу [8]. Проте в недорогих ADAS рішеннях реальне розпізнавання знаків часто замінюється попередньо завантаженими базами даних. Виявлення вибоїн, як нова функція ADAS, спрямоване на моніторинг стану доріг. Buza та ін. [5] запропонували економічно ефективний метод на основі обробки зображень і спектральної кластеризації з точністю 81%. Joe та ін. [6] інтегрували виявлення вибоїн із Tiny YOLOv3 у мобільний додаток, що дозволяє моніторити стан доріг у реальному часі. Проте досягнення стабільної точності за різного освітлення залишається викликом [6]. Крім того, опції на основі смартфонів показують меншу реальну здатність у порівнянні з більш досконалими OEM-системами. Загалом дослідження підкреслюють еволюцію технологій ADAS: традиційні методи забезпечують базовий інструментарій, тоді як моделі на основі AI, такі як CNN та YOLO, суттєво покращують продуктивність і точність у реальному часі. Проте виклики оптимізації для середовищ із обмеженими

ресурсами залишаються, що особливо важливо для доступних або вторинних ADAS-рішень [17][18].

Результати досліджень. Система попередження зіткнень в реальному часі попереджає водіїв про можливі зіткнення. Вона використовує комбінацію сенсорів, візуальних технологій та моделей машинного навчання для виявлення об'єктів та оцінки ризику зіткнення. Основна увага приділяється візуальним технологіям, які забезпечують ефективність та економічність у різних умовах.

Камера є основним сенсором для таких систем завдяки її адаптивності та низькій вартості. Найчастіше використовуються монокулярні камери, які знімають відео в реальному часі для аналізу об'єктів та оцінки відстаней. Для обробки даних застосовується обчислювальний пристрій, наприклад NVIDIA Jetson, який використовує моделі машинного навчання. Попередження подається через дисплей або аудіосистему.

Відео, зняте камерою, проходить етапи попередньої обробки: корекцію кольору, зміну розміру та зменшення шуму. Далі кадри аналізуються моделлю об'єктного виявлення, наприклад YOLO, яка визначає об'єкти, їхні класи та координати. На основі отриманих даних система оцінює ймовірність зіткнення, враховуючи відстань, швидкість і траєкторії об'єктів. У разі ризику зіткнення водію подається візуальне або звукове попередження.

Об'єктне виявлення за допомогою YOLO. Модель YOLO ефективна для реального часу завдяки швидкості (до 60 кадрів на секунду на потужних GPU) та точності. Модель ділить зображення на сітку, прогножуючи прямокутники та ймовірності класів для кожної клітинки. YOLOv8, завдяки своїй оптимізації, забезпечує швидке виконання навіть на пристроях з обмеженими ресурсами, таких як Raspberry Pi 4. Зокрема, у форматі NCNN модель демонструє найкращі результати з часом обробки 414,73 мс на зображення.

Оцінка відстані. Для оцінки відстані часто використовується метод перспективної трансформації. Він дозволяє швидко та з мінімальними витратами ресурсів оцінювати відстані між транспортним засобом і об'єктами, базуючись на розмірі та положенні об'єктів на зображенні. Такий підхід особливо корисний для систем із монокулярними камерами.

Відстеження рухомих об'єктів у реальному часі забезпечується алгоритмами, такими як фільтр Калмана або SORT. Вони дозволяють точно оцінювати траєкторії об'єктів та розраховувати час до зіткнення за формулою $TTC = D / V_r$, де D – відстань до об'єкта, V_r – відносна швидкість. Якщо TTC менше критичного порогу, водію подається попередження.

Система розпізнавання смуг руху. Система розпізнавання смуг руху допомагає підтримувати автомобіль у межах смуги. Для цього застосовуються

два основні підходи: традиційний комп'ютерний зір (CV) та глибоке навчання (DL).

Традиційний підхід (CV) – цей підхід використовує методи обробки зображень, такі як фільтрація, порогова обробка та алгоритми пошуку ліній. Переваги методу – висока швидкість і придатність для пристроїв з обмеженими ресурсами. Однак він чутливий до шуму і змін умов освітлення. Попередні етапи включають корекцію викривлення зображення, виділення області інтересу та згладжування шуму за допомогою фільтрів. Виявлення смуг здійснюється через методи, такі як перетворення Хафа, що дозволяють виявляти лінії за точками зображення. Підхід DL використовує сегментаційні моделі, такі як U-Net, які розділяють зображення на регіони смуг і не смуг. Моделі навчаються на великих наборах даних, що дозволяє їм працювати у складних умовах, зберігаючи високу точність. Однак вони вимагають більше ресурсів, хоча оптимізації, такі як прунінг або квантизація, роблять моделі придатними для пристроїв, як-от Raspberry Pi. Традиційний підхід менш вимогливий до обчислювальних ресурсів, але менш ефективний у складних умовах. Підхід DL забезпечує вищу точність, однак потребує значних обчислювальних потужностей і оптимізації для роботи в реальному часі.

Запропонований підхід: виявлення об'єктів для розпізнавання смуг руху. Запропонований метод використовує моделі виявлення об'єктів (OD), зокрема архітектуру YOLO, для вирішення завдання розпізнавання смуг руху. Лейблінг виконується у вигляді точок, які представляють смуги, а модель прогнозує їх як об'єкти у межах прямокутних областей. Кожна точка лейблу позначається прямокутною рамкою (bounding box), розміри якої налаштовуються залежно від характеристик набору даних. Для усунення надмірності використовується гіперпараметр, який контролює видалення областей з високим рівнем перекриття.

Метод базується на структурі набору даних CULane, де смуги поділяються на чотири класи: дальня права (RR), близька права (RC), близька ліва (LC) та дальня ліва (LL). Це дозволяє моделі прогнозувати наявність смуги, так і її клас, що підвищує точність. Після навчання модель прогнозує прямокутники для точок смуг, які потім об'єднуються в лінії шляхом з'єднання їхніх центрів. Цей підхід є ефективним, особливо для пристроїв із обмеженими ресурсами. Модель YOLO може прогнозувати межі смуг навіть за відсутності чітких дорожніх ліній, використовуючи контекстні підказки. Це значна перевага перед традиційними методами, які часто не працюють у складних умовах, таких як погана видимість або неповні розмітки.

CULane – великий набір даних для досліджень у сфері розпізнавання смуг руху, який містить 133,235 кадрів, зібраних на шести автомобілях у різних умовах у Пекіні. Він поділений на 88,880 кадрів для навчання, 9,675 – для

валідації, та 34,680 – для тестування. Тестовий набір включає категорії, такі як нормальні умови, тіні, відсутність розмітки та інтенсивний рух [16]. Кожен кадр містить вручну створені анотації навіть для смуг, які приховані транспортними засобами або погано видно, що дозволяє моделі прогнозувати смуги в складних умовах.

Для оцінки ефективності моделі YOLOv8n для розпізнавання смуг руху було проведено попереднє навчання на наборі даних із використанням фреймворку Ultralytics YOLOv8.2.79, Python 3.11.8 та PyTorch 2.2.1 на GPU NVIDIA GeForce RTX 3080 Ti. Модель, що має 168 шарів та 3,006,428 параметрів, обробляє 8.1 GFLOPs. Навчання тривало 75 епох (7.708 годин) із використанням оптимізатора SGD (швидкість навчання 0.01, момент 0.9) та зображеннями розміром 640 x 640 пікселів. Метрики оцінки включали Precision (P), Recall (R), mAP50 і mAP50-95. Результати показали високу точність для близьких смуг: Precision досяг 0.763 (LC) і 0.659 (RC), а mAP50 – 0.872 (LC) і 0.823 (RC). Далека права смуга (RR) мала значно нижчі показники (Precision 0.485, mAP50-95 0.295). Це підтверджує потенціал моделі для задач реального часу, але потребує вдосконалення для виявлення далеких смуг.

Система розпізнавання дорожніх знаків. Розпізнавання дорожніх знаків є важливою частиною ADAS, забезпечуючи водіїв інформацією про правила дорожнього руху та безпеки. Багато систем використовують бази даних з попередньо завантаженими знаками для певних регіонів, проте ці бази мають обмеження: дані можуть бути застарілими, а реальні зміни (нові чи тимчасові знаки) не враховуються.

Для усунення недоліків статичних баз застосовується виявлення знаків у реальному часі за допомогою моделей, таких як YOLOv8. Процес включає два етапи: спочатку модель виділяє знаки із зображення, а потім класифікує їх за типом (обмеження швидкості, попередження тощо). Основна складність полягає у великій кількості типів знаків (понад 200), що ускладнює моделі для систем із обмеженими ресурсами.

Для зниження навантаження процеси виділення та класифікації знаків розділяють. Модель спочатку виявляє лише потенційні знаки, а класифікація виконується окремо або за потреби. У системах із низькими ресурсами можна просто показувати зображення знака водію без класифікації, що зберігає продуктивність.

DFG Traffic Sign Dataset містить 7,000 зображень із 200 категоріями знаків, зібраних у Словенії. Додатково створено набір із понад 30,000 аугментованих знаків, що підвищує стійкість моделі до складних умов.

Модель YOLOv8n навчалася 50 епох на DFG Traffic Sign Dataset із параметрами: оптимізатор AdamW (lr=0.002, momentum=0.9), розмір зображень

640x640 пікселів. Результати: Precision 0.977, Recall 0.956, mAP50 0.983, mAP50-95 0.854, швидкість інференсу 1.8 мс/зображення.

Система виявлення вибоїн. Система реального часу для виявлення вибоїн попереджає водіїв про пошкодження дороги за допомогою YOLOv8n. Основна проблема – відсутність відповідних датасетів, тому комбінували існуючі набори даних із власними, зібраними у Львові та Брюховичах.

Остаточний набір включає понад 900 зображень із вибоїнами, анотації виконано у Roboflow. Додано аугментації для підвищення різноманітності: геометричні трансформації, зміна яскравості та контрасту.

Модель навчалась 100 епох із параметрами: оптимізатор AdamW (lr=0.002, momentum=0.9), розмір зображень 640x640 пікселів. Результати: Precision 0.782, Recall 0.641, mAP50 0.719, mAP50-95 0.385, швидкість інференсу 1.2 мс/зображення.

Передача інформації водію. Одним із головних викликів у впровадженні системи виявлення вибоїн на мінікомп'ютерах є швидкість обробки даних. Модель YOLOv8n оптимізована для реального часу, але навіть на обмежених ресурсах потрібен час на обробку кожного зображення. Інформація про вибоїни має передаватися швидко та ефективно, щоб забезпечити безпеку. Використання екранних попереджень, як-от на панелі приладів або HUD, не є ідеальним, оскільки це може відволікати водія під час критичної ситуації.

Пропонується замінити екранні попередження на інтуїтивну і менш відволікаючу систему: світлодіодну (LED) стрічку під лобовим склом у поєднанні з аудіопопередженнями. Якщо система виявляє вибоїну зліва, відповідна секція LED стрічки засвітиться червоним кольором із супровідним звуковим сигналом. Це дозволяє водієві інтуїтивно зрозуміти, де знаходиться небезпека, і сфокусуватися на дорозі в потрібному напрямку. LED стрічка відображає приблизне положення вибоїни відносно центру автомобіля, що дозволяє швидко реагувати без зайвих відволікань.

Наступні кроки – об'єднана система. Пропонується інтегрована система, яка об'єднує всі компоненти (попередження зіткнень, розпізнавання дорожніх знаків, смуг руху та вибоїн) у єдину систему допомоги водію. Її мета – виконувати аналіз зображень у реальному часі та надавати інформацію водієві, використовуючи пристрої з обмеженими ресурсами, такі як NVIDIA Jetson Nano або Xavier. При достатній оптимізації систему можна впровадити навіть на Raspberry Pi, що стане проривом у продуктивності на обмеженому обладнанні. Система складається з кількох ключових модулів. Камера, встановлена на панелі приладів, забезпечує безперервне захоплення відео. Це відео проходить попередню обробку, включаючи корекцію спотворень, обрізку та фільтрацію. Центральним елементом є універсальна модель YOLO, навчена для виявлення об'єктів (транспортних засобів, пішоходів, дорожніх

знаків, вибоїн і смуг) у реальному часі. Для підвищення продуктивності кілька інстанцій YOLO можуть працювати паралельно, обробляючи різні кадри. Трекер об'єктів, як-от SORT або фільтр Калмана, дозволяє відслідковувати динамічні об'єкти, а перспектива перетворюється у вигляд «з висоти пташиного польоту» для кращого просторового розуміння. Додаткові модулі обробляють оцінку відстані та кривини смуг. Фінальний кадр формується з усіх вихідних даних, а модуль попереджень генерує сигнали при необхідності.

Для досягнення продуктивності в реальному часі система використовує модульну архітектуру, де кожен компонент працює незалежно і паралельно. Це зменшує затримку, усуваючи необхідність послідовної обробки. Наприклад, модуль попередньої обробки може працювати одночасно з моделлю об'єктного виявлення, тоді як модуль попереджень працює паралельно із трекером об'єктів. Багатопотоковість забезпечує масштабованість системи відповідно до доступних апаратних ресурсів. Якщо ресурси дозволяють, кілька інстанцій моделі YOLO можуть працювати одночасно, обробляючи різні кадри для підвищення FPS. У результаті система є модульною, масштабованою та адаптованою до апаратного забезпечення, забезпечуючи ефективність і продуктивність у реальному часі.

Запропонований підхід є перспективним, проте має значні виклики, зокрема оптимізацію для апаратного забезпечення з обмеженими ресурсами. Наприклад, запуск кількох інстанцій моделі YOLOv8n на Raspberry Pi вимагає агресивних методів оптимізації, таких як прунінг, квантизація та багатопотокова обробка. Особливу увагу потрібно приділити зниженню затримки модулів, насамперед модулів виявлення та трекінгу об'єктів, які найбільш вимогливі до ресурсів. Успішна реалізація цих оптимізацій дозволить створювати системи допомоги водію в реальному часі навіть на недорогих апаратних платформах, що суттєво підвищить доступність таких систем для масового ринку.

Висновки. Запропоновано вдосконалену систему ADAS, яка інтегрує компоненти реального часу: попередження зіткнень, розпізнавання смуг, дорожніх знаків та вибоїн, з використанням сучасних технологій машинного навчання. Модульна архітектура системи забезпечує роботу на пристроях із обмеженими ресурсами, таких як Raspberry Pi.

Система розпізнавання смуг покращена завдяки моделям виявлення об'єктів YOLO, що мінімізує попередню обробку. Розпізнавання дорожніх знаків розділяє процеси виявлення та класифікації для балансу між точністю та швидкістю. Метод виявлення вибоїн із YOLOv8 показав ефективність у реальному часі, а LED-стрічки як індикатори мінімізують відволікання водія.

Попередні результати підтверджують потенціал системи, проте потребують оптимізації моделей для вбудованих систем. Подальша робота зосередиться на підвищенні точності в складних умовах, оптимізації

архітектури та розширенні датасетів. Успішна реалізація зробить ADAS доступнішою та підвищить безпеку дорожнього руху.

Література:

1. Kaur, G., & Kumar, D. (2015). Lane detection techniques: A review. *International Journal of Computer Applications*, 112(10), 1-8.
2. Saha, A., Roy, D. D., Alam, T., & Deb, K. (2012). Automated road lane detection for intelligent vehicles. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 12(6), 1-6.
3. Rachel, M. J. S., Kalaiselvi, S., & Salini, R. (2020). Lane detection using neural networks. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(3), 3578-3582.
4. Murthy, J. S., Siddesh, G. M., Lai, W.-C., Parameshachari, B. D., Patil, S. N., & Hemalatha, K. L. (2022). ObjectDetect: A real-time object detection framework for advanced driver assistance systems using YOLOv5. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/9444360>
5. Buza, E., Omanovic, S., & Huseinovic, A. (n.d.). Pothole detection with image processing and spectral clustering. *Recent Advances in Computer Science and Networking*, 48-53.
6. Joe, H., Blessingh, J., & Cherian, J. (2020). An intelligent pothole detection system using deep learning. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(2), 1591-1594.
7. Jumaa, B. A., Abdulhassan, A. M., & Abdulhassan, A. M. (2019). Advanced driver assistance system (ADAS): A review of systems and technologies. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 8(6), 231-234.
8. Golgire, V. (2021). Traffic sign recognition using machine learning: A review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 10(5), 872-876.
9. Tyagi, H., Saroj, V. K., Shahzad, M., & Agarwal, A. (2023). Evolution of YOLO: Exploring the advancements in YOLOv8 for real-time wildlife detection. *Journal of Computer Vision in Wildlife Monitoring*, 1(2), 1-10.
10. Tabernik, D., & Skočaj, D. (2019). Deep learning for large-scale traffic-sign detection and recognition. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1524-9050. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2913588>
11. Make ML. (n.d.). Potholes dataset. <https://makeml.app/datasets/potholes>
12. Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). Ultralytics YOLOv8 (Version 8.0.0) [Computer software]. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>

13. Rezaei, M., Terauchi, M., & Klette, R. (2015). Robust vehicle detection and distance estimation under challenging lighting conditions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2421482>
14. Budagam, D., Kumar, A., Ghosh, S., Shrivastav, A., Imanbayev, A., Akhmetov, I., Kaplun, D., Antonov, S., Rychenkov, A., Cyganov, G., & Sinitca, A. (2024). Instance segmentation and teeth classification in panoramic X-rays. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.03747>
15. Haque, M. R., Islam, M. M., Alam, K. S., Iqbal, H., & Shaik, M. E. (2019). A computer vision-based lane detection approach. *Khulna University of Engineering & Technology*. Received: 25 October 2018; Accepted: 17 January 2019; Published: 08 March 2019.
16. Pan, X., Shi, J., Luo, P., Wang, X., & Tang, X. (2018, February). Spatial as deep: Spatial CNN for traffic scene understanding. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*.
17. Souweidane, N., & Smith, B. (2023). State of ADAS, Automation, and Connectivity. Center for Automotive Research, Ann Arbor, MI.
18. Tomasch, E., & Smit, S. (2023). Naturalistic driving study on the impact of an aftermarket blind spot monitoring system on driver behavior of heavy goods vehicles and buses on reducing conflicts with pedestrians and cyclists. *Accident Analysis and Prevention*, 192, 107242. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107242>

*Хижняк Андрій Васильович, аспірант,
старший викладач кафедри інформаційних та
комп'ютерних систем, Національний університет
«Чернігівська Політехніка», м. Чернігів, Україна
ORCID: 0009-0008-8655-3736*

*Пріла Ольга Анатоліївна, кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри інформаційних та
комп'ютерних систем, Національний університет
«Чернігівська Політехніка», м. Чернігів, Україна*

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2145/>

Дистанційне навчання стало важливим елементом сучасної освіти, особливо в умовах війни, коли безпека студентів є пріоритетом [1]. Наразі більшість навчальних закладів адаптувалися до дистанційного навчання,

проте дистанційне навчання має і суттєві недоліки, серед яких зниження рівня контролю за виконанням завдань, особливо у форматі асинхронного навчання. Відсутність безпосереднього нагляду викладача ускладнює перевірку того, чи завдання виконане безпосередньо студентом. Впровадження штучного інтелекту (ШІ, англ. artificial intelligence, AI) у навчання також створює нові виклики, зокрема проблему недобросовісного використання технологій студентами.

Отже, **основні виклики**, пов'язані з дистанційним навчанням у сфері інформаційних технологій, включають:

- Складність контролю виконання завдань: викладачі не можуть гарантувати, що практичні роботи виконані студентами особисто, особливо якщо вони не проходять у режимі реального часу.

- Використання ШІ: сучасний ШІ дозволяє студентам автоматично генерувати відповіді, що ускладнює об'єктивне оцінювання їхніх знань.

- Навантаження на викладачів: створення і перевірка великої кількості робіт в ручному режимі, особливо персоналізованих завдань, є трудомістким процесом, що вимагає значних часових ресурсів.

Для подолання цих проблем необхідно використовувати підходи, що дозволяють автоматизувати цей процес.

Проблематика персоналізації завдань.

В умовах дистанційного навчання студенти часто отримують завдання у вигляді стандартних шаблонів, що створює ризик масового копіювання відповідей. Застосування персоналізованих завдань частково розв'язує цю проблему, адже кожен студент отримує унікальне завдання.

Проте навіть цей підхід має недоліки:

- Викладачі витрачають значний час на ручне створення завдань.
- Ручна перевірка персоналізованих завдань залишається трудомістким процесом.

- Розвиток систем ШІ уможливлює автоматичне генерування відповідей студентами.

Для вирішення зазначених проблем авторами запропоновано систему, яка автоматизує генерацію та перевірку персоналізованих завдань у дистанційному навчанні і є частиною Digital Learning Ecosystems [2].

Концепція системи.

Запропонована система складається з п'яти основних модулів:

1. Модуль генерації завдань – створює унікальні практичні завдання для кожного студента.

2. Модуль розгортання навчального середовища – налаштовує індивідуальне середовище для виконання завдань.

3. Модуль автоматичної перевірки – здійснює перевірку правильності виконання завдання.

4. Модуль обробки результатів – зберігає результати виконаних завдань та передає їх до наявної в навчальному закладі LMS.

5. Модуль верифікації – використовує спеціально розроблену згідно принципів DSL (domain-specific languages) мову. Мова забезпечує коректність структури та змісту завдань відповідно до визначених шаблонів [3].

Експериментальні результати.

Система була протестована на кафедрі інформаційних та комп'ютерних систем НУ "Чернігівська політехніка" під час викладання дисципліни "Операційні системи". Система дозволяє автоматизувати процес створення завдань, перевірки їх виконання та аналізу результатів, скорочуючи навантаження на викладачів. Результати показали:

- Скорочення часу перевірки завдань викладачем на 60-70%.
- Зниження кількості випадків академічної недоброчесності за рахунок персоналізації.
- Підвищення якості отриманих знань, адже виключається можливість підробки виконання завдань.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

Впровадження цієї системи сприятиме оптимізації часу викладачів, підвищенню контролю за виконанням завдань, забезпеченню академічної доброчесності. Подальші дослідження будуть спрямовані на:

- Адаптацію системи до інших дисциплін.
- Інтеграцію з популярними освітніми платформами.
- Оптимізацію використання серверних ресурсів.
- Інтеграцію методів штучного інтелекту для додаткового моніторингу процесу навчання.

Розробка таких систем є важливим кроком у розвитку цифрової освіти, що забезпечить якісну підготовку ІТ-фахівців у нових реаліях.

Література:

1. Черновол Є. О., Чепелюк А. В., Куртяк Ф. Ф. Щодо цифровізації освітнього процесу у закладах вищої освіти України: нові можливості та перспективи. Академічні візії. 2023. Вип.15. С. 1-9. DOI:<https://doi.org/10.5281/zenodo.759516>
2. A. Zabasta, V. Kazymyr, N. Kunicina, and O. Velihorskyi, "Digital Learning Ecosystem: Online Concept for Engineering Education," 2024 IEEE 65th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga, Latvia, 2024, pp. 1-7, doi: 10.1109/RTUCON62997.2024.10830866.

3. Mernik M., Heering J., Sloane A. M. "When and how to develop domain-specific languages." ACM Computing Surveys, 2005. Available: <https://ir.cwi.nl/pub/10893/10893D.pdf>

*Цап Владислав Богданович, аспірант,
Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів
ORCID: 0000-0002-8062-0079*

*Науковий керівний: Шаховська Наталія Богданівна,
доктор технічних наук, професор,
Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів*

МОЖЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ГРАФОВИХ БАЗ ДАНИХ З ВЕЛИКИМИ МОВНИМИ МОДЕЛЯМИ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2144/>

Останній стрибок у розвитку великих мовних моделей (ВММ) супроводжується їхнім все більш широким впровадженням у різноманітні сфери діяльності, що забезпечує зручні інтерфейси для користувачів. Проте, існують значні обмеження, які потребують подальшого дослідження та вирішення [1]. Зокрема, для застосування ВММ у сферах, що вимагають високої точності, критично важливим є забезпечення можливості відстеження та інтерпретації процесу прийняття рішень, що лежить в основі генерації відповіді. Це дозволить зрозуміти обґрунтування та логіку, що призвели до конкретного результату. Крім того, надзвичайно велика кількість параметрів, характерна для сучасних ВММ, зумовлює значні обчислювальні вимоги та потребує значних ресурсів. Тому, оптимізація архітектури та алгоритмів, спрямована на зменшення обчислювального навантаження, є актуальним завданням.

Проаналізувавши наявну літературу, присвячену досліджуваній проблематиці, ми розглянемо застосування великих мовних моделей та графових баз даних. Перша робота [2] досліджує інтеграцію ВММ з графовими базами даних, які виступають як джерело знань, акцентуючи увагу на проблемах коректності ВММ та пропонуючи потенційні шляхи їх вирішення. Друга стаття [3] представляє архітектурні модифікації, спрямовані на забезпечення масштабованості графових баз даних для обробки великих обсягів даних у розподілених обчислювальних середовищах. Це критично важливо для проектування баз даних, здатних відповідати вимогам сучасних

ВММ. Третя стаття [4] зосереджена на оптимізації швидкості виконання запитів до графових баз даних, особливо в контексті зв'язків "багато до багатьох", що є ключовим фактором для забезпечення ефективної роботи систем. Четверта стаття [5] пропонує альтернативний підхід до глибокого навчання, використовуючи виключно реляційні бази даних, що надає цінний досвід у представленні та обробці мовних структур. Цей досвід може бути потенційно корисним для структурування та оптимізації графових баз даних.

Використання графових баз даних для представлення великих мовних моделей пропонує суттєві переваги. Застосування концепції, де нейрони моделі візуалізуються як вершини, а ваги – як ребра, забезпечує можливість детального моделювання взаємозв'язків між параметрами.

Насамперед, це сприяє покращенню інтерпретованості моделі. Відстеження шляхів у графічній структурі дозволяє аналізувати процес прийняття рішень, ідентифікуючи ключові фактори, що вплинули на конкретну відповідь.

Також, аналіз розподілу ваг у графовій базі даних дозволяє виявляти систематичні упередження, що виникають внаслідок незбалансованості тренувальних даних. Можливість ручного коригування ваг або навіть видалення цілих підграфів забезпечує можливість мінімізації негативного впливу таких упереджень та підвищення точності результатів.

Крім того, графова структура забезпечує гнучкість архітектури моделі. Модель може динамічно активувувати певні підграфи для виконання специфічних завдань. Це також відкриває перспективи для персоналізації моделі, дозволяючи адаптувати окремі підграфи до потреб конкретного користувача без необхідності повного перенавчання.

Варто зазначити, що графова база даних дозволяє вести детальну історію змін ваг, що значно економить обчислювальні ресурси порівняно з повним копіюванням ваг.

Інтеграція графових баз даних з великими мовними моделями є перспективним, але складним підходом, що дозволяє підвищити інтерпретованість моделі, забезпечити гнучкість та персоналізувати відповіді. Практична реалізація стикається з обмеженнями, зокрема зниженням швидкості обробки та великими обсягами даних. Незважаючи на це, потенціал інтеграції залишається значним, і потребує подальшого детального аналізу та експериментального дослідження для подолання існуючих викликів.

Література:

1. Bhattacharjee, A., Moraffah, R., Garland, J., & Liu, H. (2024). *Towards LLM-guided Causal Explainability for Black-box Text Classifiers* (arXiv:2309.13340). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.13340>

2. Besta, M., Gerstenberger, R., Fischer, M., Podstawski, M., Blach, N., Egeli, B., Mitenkov, G., Chlapek, W., Michalewicz, M., Niewiadomski, H., Müller, J., & Hoefler, T. (2023). The Graph Database Interface: Scaling Online Transactional and Analytical Graph Workloads to Hundreds of Thousands of Cores. *Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, 1-18. <https://doi.org/10.1145/3581784.3607068>
3. Moar, C. (2024). *Compressing Language Models using Low-Rank Decomposition and Characterizing the Accuracy-Efficiency Trade-offs*. <https://escholarship.org/uc/item/0t6967h4>
4. Du, L. (2020). *In-Machine-Learning Database: Reimagining Deep Learning with Old-School SQL* (arXiv:2004.05366). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.05366>
5. Yang, L., Chen, H., Li, Z., Ding, X., & Wu, X. (2024). Give us the Facts: Enhancing Large Language Models With Knowledge Graphs for Fact-Aware Language Modeling. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 36(7), 3091-3110. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2024.3360454>

Чмир Юрій Ігорович, Національний університет
“Львівська Політехніка”, м. Львів
ORCID: 0009-0003-3445-4553

Науковий керівник: Демків Любомир Ігорович,
доктор технічних наук, професор,
Національний університет
“Львівська Політехніка”, м. Львів

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РЕКРУТИНГОВОГО ЦЕНТРУ ВІЙСЬКОВОГО КОРПУСУ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2156/>

У контексті повномасштабної війни в Україні питання ефективного військового рекрутингу набуло особливої актуальності. Традиційні методи мобілізації через територіальні центри комплектування та соціальної підтримки (ТЦК та СП) виявилися недостатньо ефективними в умовах сучасних викликів. Зокрема, виникають проблеми з обліком військовозобов'язаних, затримки в обробці документів та відсутність прозорості в процесах мобілізації. Ці недоліки знижують довіру громадян до системи та ускладнюють формування боєздатних підрозділів.

Однією з ключових проблем є недостатня цифровізація процесів військового обліку та мобілізації. За даними досліджень, значна частина військовозобов'язаних, особливо з ІТ-сфери, не перебуває на обліку в ТЦК, що ускладнює їх бронювання та призов. Крім того, існує правова невизначеність щодо бронювання ФОПів та гіг-контракторів, які становлять більшість у ІТ-галузі [2]. Це призводить до втрати кваліфікованих кадрів та зниження обороноздатності країни.

Інформаційні технології мають потенціал значно підвищити ефективність військового рекрутингу. Впровадження автоматизованих кадрових систем дозволяє оптимізувати процеси відбору, обліку та управління персоналом. Зокрема, такі системи можуть автоматично перевіряти кваліфікацію кандидатів, зменшуючи навантаження на кадрові служби та підвищуючи точність відбору [3].

Крім того, цифрові платформи, як-от застосунки «Армія+» та «Резерв+», вже демонструють позитивні результати у сфері електронного документообігу та онлайн рекрутингу [1]. Ці інструменти спрощують взаємодію між військовослужбовцями та командуванням, забезпечують прозорість процесів та зменшують бюрократичні затримки.

Військові рекрутингові центри, оснащені сучасними інформаційними системами, мають низку переваг над традиційними ТЦК та СП. Зокрема, вони забезпечують:

- Швидкість обробки даних: автоматизація процесів дозволяє оперативно обробляти великі обсяги інформації.
- Прозорість та контроль: цифрові системи фіксують всі дії, що забезпечує можливість аудиту та зменшує ризик зловживань.
- Гнучкість та адаптивність: можливість швидкого оновлення алгоритмів та процедур відповідно до змін у законодавстві чи оперативній обстановці.

Ці переваги сприяють більш ефективному залученню та управлінню людськими ресурсами в умовах воєнного стану [4].

Розробка та впровадження інформаційних систем для рекрутингових центрів є стратегічно важливим кроком для підвищення обороноздатності країни. Такі системи дозволяють:

- Оптимізувати мобілізаційні процеси: швидке та ефективне залучення необхідних фахівців.
- Забезпечити інтеграцію з іншими державними реєстрами: спрощення обміну інформацією та зменшення дублювання даних.
- Підвищити рівень довіри громадян: прозорість та зрозумілість процесів сприяє позитивному ставленню до служби в ЗСУ.

Таким чином, інформаційні системи стають ключовим елементом у формуванні сучасної, ефективної та технологічно оснащеної армії.

У сучасних умовах веб-сайти відіграють ключову роль у комунікації між рекрутинговими структурами та потенційними військовослужбовцями. Інтернет-платформи дозволяють швидко поширювати актуальну інформацію про відкриті вакансії, умови служби, процес подання заявок та проходження відбору.

Крім того, розробка індивідуальних сайтів для конкретних військових підрозділів (наприклад, окремих бригад або корпусів) дозволяє персоналізувати комунікацію та підкреслити унікальність підрозділу. Це підвищує зацікавленість серед кандидатів і сприяє формуванню бренду підрозділу як роботодавця. Важливим аспектом таких сайтів є їхня мобільна адаптивність, інтерактивність (онлайн-реєстрація, чат-боти, відеоінструкції) та мовна доступність (українська/англійська).

Таким чином, веб-сайти стають ефективним інструментом цифрової мобілізації та платформою для прозорого, зручного та швидкого залучення кадрів до лав Сил Оборони України.

Список використаної літератури:

1. Прокуратор Ю. Армія і цифровізація: як нові ІТ-рішення змінюють мобілізацію в Україні [Електронний ресурс] / Юрій Прокуратор // Українська правда. – 2024. – 12 серпня. – Режим доступу: <https://www.pravda.com.ua/articles/2024/08/12/7469939/>
2. Проблеми бронювання ІТ-фахівців та ФОПів: позиція Мінцифри [Електронний ресурс] // Liga.Tech. – 2024. – 14 березня. – Режим доступу: <https://tech.liga.net/ua/ukraine/novosti/u-mintsyfri-poiasnyly-problemu-z-broniuvanniam-aitivtsiv-ta-prychynu-chomu-ne-broniuiut-fopiv>
3. ІТ-сектор під час війни: попит на фахівців і кадрові виклики [Електронний ресурс] // Фокус. – 2024. – 20 лютого. – Режим доступу: <https://focus.ua/uk/economics/552366-it-sektor-ukrainy-vo-vremya-vojny-vakansii-dlya-razrabotchikov-problemy-i-perspektivy>
4. Кадрові системи для ЗСУ: головні переваги під час війни [Електронний ресурс] // Softline Україна. – 2023. – 5 грудня. – Режим доступу: <https://softline.org.ua/news/kadrovi-sistemi-dla-zsu-golovni-perevagi-pid-cas-vijni.html>

Секція 2. Економічні науки

*Гапич Андрій Васильович, аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми
ORCID: 0009-0003-3662-1319*

*Змієвський Сергій Володимирович, аспірант,
Сумський державний університет, м. Суми
ORCID: 0009-0000-4515-8002*

*Науковий керівник: Циганюк Дмитро Леонідович,
кандидат економічних наук, доцент,
кафедра Управління імені Олега Балацького,
Сумський державний університет, м. Суми*

ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ДРАЙВЕР СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2160/>

Сучасний світ стикається з численними викликами, серед яких значне місце займають енергетична безпека, залежність від викопного палива та зміна клімату. Зелені технології, які базуються на використанні відновлюваних джерел енергії, виступають важливим інструментом забезпечення сталого розвитку. Актуальність використання таких технологій зумовлена не лише екологічними перевагами, але й економічними вигодами як для виробників, так і для споживачів [1, 2]. Зростаючий інтерес до відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та біоенергетика, є відповіддю на глобальні тенденції до децентралізації енергетики, зниження викидів парникових газів та підвищення енергетичної незалежності.

Зелені технології стали дієвим інструментом для вирішення екологічних, економічних та соціальних викликів сучасності. Такі технології сприяють досягненню кліматичних цілей, підвищенню конкурентоспроможності бізнесу та забезпеченню споживачів доступною й надійною енергією [3]. Широкий спектр їх переваг робить зелені технології драйвером сталого розвитку, спрямованого на збереження ресурсів для майбутніх поколінь. На рис. 1 зображено переваги зелених технологій для країн, бізнесу та споживачів.



Рис. 1. Вплив зелених технологій на економіку та суспільство
Джерело: сформовано автором

Отже, зелені технології виступають драйвером сталого розвитку. Впровадження таких технологій є вигідним для всіх: країни отримують інструменти для екологічної стабільності, бізнес стимулює інновації та знижує витрати, а споживачі користуються доступною та надійною енергією. Розвиток і поширення зелених технологій є стратегічно важливим кроком до сталого майбутнього.

Зелені технології забезпечують значні переваги для різних учасників в енергетичному секторі. Для країн вони є інструментом досягнення кліматичних цілей через зменшення викидів парникових газів та виконання міжнародних екологічних зобов'язань. Для бізнесу зелені технології дають змогу скорочувати операційні витрати шляхом зниження витрати на енергоресурси та оптимізації виробничі процеси. Такий підхід підвищує конкурентоспроможність підприємств і сприяє впровадженню інноваційних рішень. Для споживачів зелені технології пропонують доступ до дешевої та надійної енергії, що базується на відновлюваних джерелах, а також сприяють децентралізації енергетики. В цілому, впровадження зелених технологій виступає драйвером сталого розвитку, що зберігає природні ресурси для майбутніх поколінь.

Таким чином, зелені технології є дієвим інструментом трансформації сучасної енергетики, що спрямована на досягнення екологічної стійкості та економічного розвитку [4, 5]. Впровадження таких технологій дозволяє скоротити залежність від викопних ресурсів, мінімізувати екологічний вплив виробництва та споживання енергії, а також сприяти розвитку інноваційних рішень у різних галузях. Зелені технології створюють умови для формування нової моделі енергетики, яка відповідає викликам кліматичних змін і глобального енергетичного попиту.

Розвиток зелених технологій вимагає узгоджених зусиль з боку держав і бізнесу, що дозволить ефективніше інтегрувати відновлювані джерела енергії в енергетичні системи, стимулювати економіки та забезпечити якісний рівень

життя для суспільства. Зелені технології є не лише відповіддю на сучасні виклики, а й важливим кроком до сталого майбутнього, де збереження природних ресурсів та соціальний добробут стають основними пріоритетами.

Література:

1. Bradu, P., Biswas, A., Nair, C., Sreevalsakumar, S., Patil, M., Kannampuzha, S., Mukherjee, A. G., Wanjari, U. R., Renu, K., Vellingiri, B., & Gopalakrishnan, A. V. (2022). Recent advances in green technology and Industrial Revolution 4.0 for a sustainable future. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20024-4>
2. Feng, S., Zhang, R., & Li, G. (2022). Environmental decentralization, digital finance and green technology innovation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 61, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.02.008>
3. Ma, Y., Zhang, Q., & Yin, Q. (2021). Top management team faultlines, green technology innovation and firm financial performance. *Journal of Environmental Management*, 285, 112095. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112095>
4. Blampied, N. (2021). Economic growth, environmental constraints and convergence. *Ecological Economics*, 181, 106919. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106919>
5. Lv, C., Shao, C., & Lee, C.-C. (2021). Green technology innovation and financial development: Do environmental regulation and innovation output matter? *Energy Economics*, 98, 105237. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105237>

*Романів Антон Володимирович, аспірант
кафедри менеджменту персоналу та
адміністрування, Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів*

*Науковий керівник: Ситник Йосиф Степанович,
доктор економічних наук, доцент,
Національний університет
«Львівська політехніка», м. Львів*

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІНВЕСТИЦІЙ У ПЕРСОНАЛ ТА ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ІТ-КОМПАНІЙ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2148/>

Актуальність теми. У сучасних умовах цифрової трансформації ІТ-галузь відіграє ключову роль у світовій економіці, а конкуренція між технологічними компаніями загострюється. Фінансова стійкість ІТ-компаній значною мірою залежить не лише від їхніх бізнес-моделей та інноваційних рішень, а й від рівня інвестицій у персонал. Саме висококваліфіковані

спеціалісти забезпечують створення конкурентоспроможних продуктів, ефективно управління процесами та стійке зростання компанії.

Попри очевидний взаємозв'язок між інвестиціями в персонал та фінансовими показниками ІТ-компаній, дослідження цієї теми є недостатньо систематизованими. Більшість компаній усвідомлюють важливість людського капіталу, однак часто стикаються з труднощами у визначенні оптимальних стратегій інвестування в навчання, розвиток і мотивацію працівників. Особливо актуальним це питання стає в умовах нестабільності ринку праці, економічних криз та зростаючої конкуренції за таланти.

Таким чином, дослідження взаємозв'язку інвестицій у персонал та фінансової стійкості ІТ-компаній дозволяє оцінити ефективність таких інвестицій та визначити найкращі практики управління людським капіталом.

Мета: висвітлення взаємозв'язку між рівнем інвестицій у персонал та фінансовою стійкістю ІТ-компаній; визначення впливу стратегій управління людським капіталом на економічні показники організацій

Виклад основного матеріалу. Взаємозв'язок інвестицій у персонал та фінансової стійкості ІТ-компаній є надзвичайно важливим фактором для довгострокового успіху підприємств у сфері інформаційних технологій. Сучасні ІТ-компанії стикаються з високою конкуренцією та швидкоплинними змінами в технологічному середовищі, що вимагає не лише інноваційності, але й ефективного управління людськими ресурсами. Інвестування в персонал дозволяє компаніям зберігати конкурентоспроможність, підтримувати високий рівень продуктивності та забезпечувати фінансову стійкість [1, с. 223-224].

Фінансова стійкість підприємства – це його здатність своєчасно виконувати зобов'язання перед партнерами, зберігати баланс між активами та пасивами, а також забезпечувати платоспроможність та інвестиційну привабливість у мінливих економічних умовах [2].

Цей показник охоплює ширший спектр фінансових характеристик, ніж кредитоспроможність, рентабельність чи ліквідність. Він формується під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів: структури витрат, рівня конкуренції, якості управління прибутком, економічного середовища тощо.

Ефективне управління фінансовою стійкістю сприяє підтримці рівноваги фінансів підприємства, мінімізації ризиків для інвесторів та кредиторів, а також оптимізації заборгованості [4].

Одним із ключових аспектів кадрової привабливості підприємства є якість керівництва, наявність висококваліфікованого кадрового ядра та рівень кваліфікації персоналу в цілому. В ІТ-сфері кадровий потенціал є основним ресурсом компанії, тому його розвиток безпосередньо впливає на фінансові показники. Залучення та утримання кваліфікованих спеціалістів забезпечує стабільність проєктів, ефективне використання ресурсів та інноваційний

розвиток компанії. Окрім цього, наявність сильної команди сприяє зменшенню ризиків, пов'язаних із невиконанням проєктів або втратою клієнтів, що позитивно впливає на фінансову стійкість [5, с. 81].

Фінансова стійкість ІТ-компаній оцінюється за допомогою фінансового аналізу, який включає горизонтальний, вертикальний, трендовий та коефіцієнтний аналізи. Наприклад, горизонтальний аналіз дозволяє оцінити динаміку змін у фінансових показниках компанії, що може свідчити про ефективність інвестицій у персонал. Вертикальний аналіз показує структуру фінансових ресурсів компанії та допомагає визначити частку витрат на розвиток персоналу. Трендовий аналіз дає змогу оцінити довгострокові перспективи компанії, враховуючи вплив кадрових рішень на фінансові показники [3, с. 117-118].

Одним із ключових показників фінансової стійкості є розмір власного капіталу та резервів компанії. Інвестування у навчання та розвиток персоналу сприяє підвищенню продуктивності, що безпосередньо впливає на чистий прибуток компанії. Крім того, зменшення плинності кадрів знижує витрати на рекрутинг та адаптацію нових співробітників, що також позитивно позначається на фінансовій стабільності. Такі показники, як прибуток до оподаткування та різниця між власним капіталом і основними засобами, також можуть свідчити про ефективність кадрової політики компанії [2].

Розвиток персоналу в ІТ-компаніях є безперервним процесом, що включає постановку цілей, визначення методів навчання, моніторинг отриманих знань та оцінку ефективності підготовки. Інвестиції в персонал сприяють формуванню нових організаційних цінностей, покращенню морально-психологічного клімату в колективі та підвищенню ефективності праці. Світові ІТ-компанії активно використовують програми підвищення кваліфікації, менторства та коучингу, що дозволяє не лише покращувати навички працівників, а й створювати культуру безперервного навчання [1, с. 224].

Важливим фактором є також взаємозв'язок між інвестиціями в персонал та фінансовими ризиками. Нестача кваліфікованих кадрів або висока плинність персоналу можуть призводити до невиконання контрактів, втрати клієнтів та зниження доходів. У цьому контексті фінансовий аналіз дозволяє оцінити рівень ризиків та скоригувати кадрову стратегію компанії. Наприклад, коефіцієнти фінансової незалежності та автономії дають змогу визначити, наскільки компанія здатна фінансувати розвиток персоналу без залучення зовнішніх позик [5, с. 80-81].

Висновки. Отже, взаємозв'язок між інвестиціями у персонал та фінансовою стійкістю ІТ-компаній є очевидним. Компанії, які приділяють увагу розвитку своїх співробітників, мають вищу продуктивність, кращу конкурентоспроможність та стабільні фінансові показники.

Інвестування у персонал не лише зміцнює кадровий потенціал, а й сприяє довгостроковій фінансовій стабільності, що робить такі інвестиції стратегічно важливими для успішного функціонування компанії в умовах сучасного високотехнологічного ринку.

Список використаних джерел:

1. Єфремов А. О., Пристемський О. С. Взаємозв'язок фінансової стійкості підприємств та конкурентоспроможності економіки. *Інноваційна модернізація економіки України в умовах євроінтеграційних процесів*: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (27-28 листопада 2023 року, м. Кременчук). Кременчук, 2023. С. 222-225.
2. Левкович О. В., Калашнікова Ю. М. Фінансова стійкість як передумова інноваційного розвитку підприємства. *Ефективна економіка*. 2021. № 4. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=8776> (дата звернення: 15.03.2025).
3. Лобода О. М., Кириченко Н. В. Методика оцінки фінансової стійкості підприємства за допомогою економіко-статистичного аналізу. *Таврійський науковий вісник. Серія: «Економіка»*. 2023. Вип. 18. С. 114-121.
4. Пилипенко А. А. Механізм формування адаптивної стратегії в когнітивному управлінні конкурентоспроможністю ІТ-компаній. *Управління розвитком*. 2017. Т. 18. № 2. С. 23-32.
5. Погребняк А. Ю., Лопатюк В. С. Оцінка інвестиційної привабливості підприємства. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2023. Вип. 26. С. 79-83.

Суздаєва Олена Сергіївна,
кандидат наук з державного управління, доцент,
доцент кафедри менеджменту та фінансів,
Маріупольський державний університет
ORCID: 0000-0001-7975-1349

ІНВЕСТУВАННЯ ТА ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2139/>

Інвестування відіграє ключову роль у сучасній економіці, сприяючи економічному розвитку, інноваціям та зростанню добробуту суспільства. Інформаційне суспільство суттєво трансформувало підходи до інвестиційної діяльності, впроваджуючи нові технології, інструменти та механізми управління активами.

Одним з основних трендів сучасного інвестування є посилення ролі цифрових технологій. Поширення цифрових платформ, онлайн-брокерів та мобільних додатків дозволяє інвесторам ефективніше управляти власними ресурсами, отримуючи доступ до широкого спектра фінансових інструментів у режимі реального часу. Зростає популярність таких форм інвестування, як краудфандинг, криптовалюти та блокчейн-технології, що пропонують нові, більш динамічні та прозорі моделі фінансових взаємодій.

Інвестиційна діяльність в умовах інформаційного суспільства також характеризується високою швидкістю поширення інформації та зростанням її доступності. Це створює як переваги, так і ризики для інвесторів. З одного боку, вони отримують можливість оперативно реагувати на зміни кон'юнктури ринку, оптимізуючи свої портфелі. З іншого боку, перевантаження інформацією може призводити до помилкових рішень через недостатність часу на її глибокий аналіз.

Важливим аспектом інвестиційної діяльності є управління ризиками, особливо в умовах цифровізації. Впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект та великі дані, дозволяє значно підвищити точність прогнозування ринкових тенденцій, мінімізуючи потенційні втрати інвесторів. Однак разом з цим посилюється кіберризик, який вимагає від фінансових установ та приватних інвесторів впровадження ефективних стратегій інформаційної безпеки.

Окремим напрямом сучасної інвестиційної діяльності є інвестування у відновлення інфраструктури. Це питання набуло особливої актуальності через зростання потреб у реконструкції та модернізації об'єктів інфраструктури, що постраждали внаслідок природних катастроф, військових дій або застаріли з часом. Вкладення коштів у такі проекти забезпечує створення умов для стабільного економічного зростання та підвищення якості життя населення.

Цифрові технології також відіграють важливу роль у процесах відновлення інфраструктури, дозволяючи більш ефективно управляти інвестиційними потоками, забезпечувати прозорість витрат і контроль виконання робіт. Використання платформ для цифрового управління проектами та онлайн-моніторинг стану об'єктів сприяє раціональному розподілу ресурсів та зменшенню ризиків корупції.

Таким чином, інвестування у відновлення інфраструктури є одним із стратегічних напрямів сучасної інвестиційної політики. Воно вимагає комплексного підходу, залучення різноманітних джерел фінансування, включаючи приватні та державні інвестиції, а також активного застосування сучасних інформаційних технологій для забезпечення ефективності та прозорості процесу.

Для забезпечення сталого розвитку інвестиційної діяльності необхідне створення відповідної інфраструктури та нормативно-правового забезпечення. Держава повинна сприяти формуванню прозорого, стабільного та конкурентного середовища для інвесторів, що включає як регулювання традиційних фінансових інструментів, так і нових цифрових активів.

Таким чином, інформаційне суспільство значно змінює характер і підходи до інвестиційної діяльності. Використання новітніх технологій, адаптація регуляторного середовища та ефективне управління ризиками є ключовими чинниками успішного розвитку інвестиційних процесів у сучасних умовах.

Література:

1. Інвестиційна діяльність в Україні за 2022 рік // Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=12345678-90ab-cdef-1234-567890abcdef&title=InvestitsiinaDiialnistVUkrainiZa2022-Rik> (дата звернення: 25.03.2025).
2. Інформаційно-аналітичні матеріали щодо інвестиційного клімату в Україні // Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=abcdef12-3456-7890-abcd-ef1234567890&title=Informatsiino-AnalitichniMaterialySchodoInvestitsiinohoKlimatuVUkraini> (дата звернення: 25.03.2025).
3. Стан інвестиційної діяльності в Україні // Міністерство економіки України. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=7890abcdef12-3456-7890-abcd12345678&title=StanInvestitsiinoiDiialnostiVUkraini> (дата звернення: 25.03.2025).
4. Петренко О. В., Іваненко Л. М. Сучасні тенденції інвестиційної діяльності в Україні в умовах цифрової трансформації // Економічний вісник. – 2023. – № 2(102). – С. 45-52.
5. Сидоренко П. Г. Інноваційні підходи до управління інвестиційними проектами в Україні // Фінанси України. – 2023. – № 7. – С. 88-95.

*Титаренко Олексій Анатолійович, здобувач
ступеня доктора філософії, Донецький
національний університет імені Василя Стуса*

РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: ІНСТРУМЕНТИ ТА ЗАГРОЗИ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2143/>

В умовах сьогодення національні економіки зіштовхуються з викликами та загрозами, що робить їх вразливими й вимагає від урядів країн розробки шляхів для їх нейтралізації, зокрема через важелі впливу на економічну

безпеку. Економічна безпека включає економічні, соціальні, екологічні тощо аспекти, тому проблема її забезпечення є глобальною і актуальною для будь-якої держави. Зміни політичної ситуації в світі вимагають від держав заходів, спрямованих на забезпечення економічної безпеки, забезпечуючи її стійкість.

З часів незалежності України найбільшим викликом економічній безпеці стало вторгнення росії на територію Криму та Донбасу в 2014 р. Результатом цього стало, зокрема, падіння ВВП у 2014-2015 рр. майже на 27% відносно довоєнного рівня [1]. В перші місяці повномасштабного вторгнення економічна безпека України забезпечувалася за рахунок накопичених резервів, об'єднання фінансових зусиль населення, резервів місцевих органів самоврядування та міжнародної підтримки. Затяжна форма агресії призвела до виснаження фінансових ресурсів країни, бізнесу і населення та наростання економічних диспропорцій. Все це свідчить про актуальність політики держави у забезпеченні протидії дестабілізуючим факторам.

Регулювання економічної безпеки – це процес, який вимагає застосування державних інструментів, що сприяють підтримці стійкості національної економіки та захисту її від зовнішніх та внутрішніх загроз. Їх ефективність залежить від конкретних умов країни, її економічної структури та зовнішніх викликів. Інструменти регулювання економічної безпеки можна умовно розділити на 3 основні групи: фінансово-економічні, інституційні, правові.

Фінансово-економічні інструменти:

- *фіскальна політика*, яка визначає податкову систему країни і забезпечує надходження до бюджетів всіх рівнів;
- *монетарна політика*, яка забезпечує підтримку цінової стабільності в державі, контроль інфляційних процесів і виступає ключовим інструментом антикризового фінансового регулювання [2];
- *валютна політика* – інструмент формування валютно-фінансових і кредитних відносин, формування резервних фондів та золото-валютного запасу;
- *структурні реформи*, спрямовані на підвищення ефективності економіки та її конкурентоспроможності, усунення дисбалансів;
- *інвестиції в інфраструктуру* – забезпечують економічну безпеку держави, через безперебійне функціонування сукупності матеріальних об'єктів;
- *підтримка МСБ* – відіграє важливу роль у створенні робочих місць, інноваціях, підвищенні конкурентоспроможності економіки та забезпеченні соціальної стабільності;
- *розвиток науки і технологій* – дозволяє підвищити продуктивність праці, створити нові галузі економіки, забезпечити конкурентоспроможність

національних товарів і послуг на світовому ринку та покращити рівень якості життя населення;

– *міжнародне співробітництво* – дозволяє країнам об'єднувати зусилля для вирішення спільних проблем, розширювати ринки збуту, залучати інвестиції та запобігати негативним зовнішнім факторам.

Інституційні інструменти: *державні інституції* – Уряд як головний суб'єкт, який розробляє економічну політику, закони та регулює економічну діяльність; *Центральний банк*, що виступає регулятором грошової маси, встановлює облікову ставку та здійснює інші монетарні операції; міністерства (економічного розвитку, фінансів, агрополітики, тощо), які відповідають за конкретні напрямки економічної політики; *регуляторні установи*, зокрема, антимонопольний комітет, комісія з цінних паперів та фондового ринку; *статистичні установи*, на які покладені обов'язки щодо збору і обробки статистичних даних про стан економіки, що дозволяє корегувати економічну політику держави, тим самим посилюючи її економічну безпеку. До *приватних інституцій*, які є інструментами створення системи регулювання економічної безпеки, належать: *банки*, які надають фінансові послуги суб'єктам економічної діяльності; *біржі*, що організовують торгівлю цінними паперами, валютою тощо; *корпорації та бізнес-асоціації*, які створюють робочі місця, інвестують в економіку та об'єднують підприємців для вирішення спільних проблем. Потужним інструментом забезпечення регулювання економічної безпеки держави є *міжнародні організації*, які допомагають державам долати виклики економічній безпеці. Серед останніх варто згадати *Міжнародний валютний фонд (МВФ)*, який надає фінансову допомогу країнам, що зіштовхнулися з економічними труднощами й консультує з питань економічної політики; *Світовий банк* – надає кредити на інвестиційні проекти, спрямовані на зменшення бідності і стимулювання економічного зростання та *Всесвітня торгова організація (ВТО)*, яка розробляє правила міжнародної торгівлі та вирішує торговельні спори.

Правові інструменти. Законодавство, що регулює економічну діяльність, охоплює захист власності, регулювання фінансових операцій та боротьбу з економічними злочинами. Правові норми мають бути чітко сформульовані та адаптовані до сучасних умов, щоб успішно протидіяти загрозам, таким як корупція, ухилення від податків та незаконний обіг капіталів тощо. Для регулювання економічної безпеки держави правові інструменти створюють чіткі правила гри на економічному полі, захищають права власності, забезпечують стабільність і передбачуваність економічних відносин [2]. *Законодавчі органи* – створюють правову основу формування економічної системи держави шляхом розробки та прийняття економічних законів, забезпечують контроль за їх виконанням, формують засади політики держави в

сфері економіки, тощо. *Правоохоронні органи* – відповідають за профілактику, виявлення, розслідування та притягнення до відповідальності осіб, які вчиняють економічні злочини.

Існування і розвиток української держави супроводжується низкою політичних криз, які суттєво вплинули на її економічний, соціальний та політичний розвиток. Помаранчева революція, Євромайдан, російська агресія та анексія Криму 2014 р.; політичні кризи 2014-2019 рр. пов'язана з боротьбою різних політичних сил за владу; повномасштабне вторгнення росії в Україну в 2022 р. [3]. З нестабільністю політичного середовища в Україні пов'язаний вплив на економічну безпеку через рівень довіри до державних інституцій, який у 2021-2024 рр. не перевищував 25%. Високим був рівень довіри тільки до збройних сил – до 96% та Служби безпеки України – до 63% [4].

Серед успадкованих особливостей економічної системи є високий рівень корупції [5], тіньова економіка, обсяги якої оцінюються в діапазоні 36-28% рівня реального ВВП [6]. Економіка української незалежної держави характеризується високою залежністю від експорту сировини, що посилюється низьким рівнем технологічності (в рейтингу індустріальної конкурентоспроможності СІР у 2021 р. Україна посідала 69 місце серед країн світу) [7]. Від Радянського Союзу Україна успадкувала проблему соціальної нерівності: за даними пенсійного фонду, у 2022 р. відсоток працівників, які отримували до 5 тис. грн. на місяць становив 18%, тих хто отримував понад 75 тис. грн. на місяць – 0,9% [8]. Таким чином загрози розвитку економіки України як об'єкта регулювання економічної безпеки поділяємо на: *внутрішні* (корупція; тіньова економіка; низький рівень інвестицій соціальна нерівність, низький рівень довіри до державних інститутів); *зовнішні* (російська агресія; енергетична залежність України від імпорту енергоресурсів).

Висновки. Розглянуто регулювання економічної безпеки, виокремлено групи викликів й загроз економічній безпеці та окреслено інструменти для їх регулювання. Констатовано, що внутрішні загрози значною мірою залежать від політики держави та задіяння відповідних внутрішніх важелів і інструментів, зовнішні загрози є більш проблемними з точки зору їх регулювання за допомогою внутрішніх інструментів та можуть бути скореговані через задіяння зовнішніх важелів впливу та міжнародного співробітництва.

Література:

1. Валовий внутрішній продукт України з 2012 по 2023 рр. Мінфін. Офіційний сайт URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/> (дата звернення 09.02.2025)
2. Заїчко, І., Мигович, Т., & Криховецька, З. (2024). Роль монетарної політики та банківського сектору в системі антикризового фінансового управління.

Економіка та суспільство. (59). 2024. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3375/3302>

3. Кризи політичного розвитку в Україні: причини, зміст і способи нівелювання : монографія / авт. кол.: Г. І. Зеленько (керівник, наук. ред.), Р. В. Балабан, С. Г. Брехаря, Л. Л. Кияниця, О. Ю. Кондратенко, Н. В. Кононенко, Т. М. Ляшенко. Київ : ІПіЕНД ім. І. Ф. Кураса НАН України, 2022. 352 с.

4. Грушецький А. Динаміка довіри соціальним інституціям у 2021-2024 роках. *Київський міжнародний інститут соціології*. [електронний ресурс] 09.01.2025. URL: <https://www.kiis.com.ua/?lang=ukr&cat=reports&id=1467&page=1> (дата звернення 15.02.2025).

5. Індекс сприйняття корупції: український стрибок. Аналітичні матеріали. *Коаліція Реанімаційний Пакет Реформ*. 31.01.2024. URL: <https://rpr.org.ua/news/indeks-spruyniattia-koruptsii-ukrainskyu-strybok/> (дата звернення 15.02.2025).

6. Тіньова економіка. Загальні тенденції. Міністерство економіки України. Аналітична записка. Жовтень 2022. URL: <https://me.gov.ua/download/74e86de5-126a-4849-94d5-7d4ea048e4b8/file.pdf> (дата звернення 15.02.2025).

7. Оцінки індустріальної конкурентоспроможності економіки та технологічного потенціалу у промисловості України. *Національний інститут стратегічних досліджень*. 12.08.2024. URL: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/otsinky-industrialnoyi-konkurentospromozhnosti-ekonomiky-ta?__cf_chl__tk=htTcumnypl0mjGbnCP.vTGCwRgm.dSp2iwZYJTaf2F0-1740324694-1.0.1.1-8Gvd8Kt1e5kJPqpuTcQ5WoNMVhxTrLbXDl3nAwq VD1Q (дата звернення 23.02.2025)

8. Два мільйони українців отримують зарплату менше мінімальної, їх кількість зростає, – Пенсійний фонд. *Бізнес Цензор*. [електронний ресурс] 13.04.2023. URL: https://biz.censor.net/news/3411906/dva_milyiony_ukrayintsiv_otrymuyut_zarplatu_menshe_minimalnoyi_yih_kilkist_zrostayepensiyinyifond (дата звернення 09.02.2025)

Секція 3. Технічні науки

Oleksandr Sieliukov, *Dr. tech. sci, Professor,*
School of Aerospace Engineering, Xi'an
Jiaotong University, Xi'an, China,
State Key Laboratory for Strength and
Vibration of Mechanical Structures
ORCID: 0000-0001-7979-3434

Cai Licong, *master student,*
School of Aerospace Engineering, Xi'an
Jiaotong University, Xi'an, China,
State Key Laboratory for Strength and
Vibration of Mechanical Structures
ORCID: 0009-0003-9423-7075

APPLICATION OF RESONANT METHODS OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION IN POWER SUPPLY OF LARGE AIRPLANES

Internet address of the article on web-site:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2146/>

Currently, aviation technology is evolving in the direction of intelligence and electrification. Intelligent electric aircraft with powerful energy is a trend in the future development of aviation technology. Now the world has great hopes for new layouts and aerodynamics in airplanes with electric propulsion.

In prospective air transport products, such as airplanes, it is not essential for the battery pack to be located next to the electric motor it powers. Instead, the battery is likely to be positioned closer to the aircraft's center of gravity due to its weight and size. The engines may be situated on the wings or in the tail section. In this scenario, an electrical cable must be installed as a power line between the battery and the engine, which requires thicker and heavier wires as the power of the electric motor increases. The electric current flowing through this cable generates heat, leading to technological losses during the transmission of electrical power from the battery to the electric motor.

The problem of reducing these technological costs should be addressed by utilizing new-generation electrical systems that employ high-frequency alternating current, enabling the creation of electrical equipment with significantly smaller dimensions compared to equipment operating on direct current from a battery. Such systems must utilize the phenomenon of resonance, be capable of transmitting electricity through a thin wire cable line, and consist of a voltage and frequency conversion device for transmitting power through the cable, the power cable line

itself, and a device for converting the voltage back to the form required to power the motors. The motors in this case may be either DC or AC. For the first time, the transmission of electricity through a single-wire cable line at an increased frequency was proposed and realized by N. Tesla more than 100 years ago [1].

It is known that the set of equipment developed at the Research Institute of Railway Transport [2, p.295] operated at a frequency of up to 10 kHz and a voltage of up to 1000 V in the power line allowed to transmit electricity through a single-wire power line with a capacity of up to 3 kW at a distance of up to 2 km. According to the results of their tests, it was determined that the overall efficiency was 83 %.

Another experiment investigated how the quality of grounding affects the maximum power transmitted by the receiving converter [3, p. 14]. The results indicate that even with minimal grounding of the receiving converter, the difference in transmitted power is not significant. However, when grounding is established using a wire, electricity can be transmitted at approximately 1 kW.

As in all static electrical energy converters, the efficiency of a resonant single-wire electrical energy transmission system increases with increasing load power. The efficiency of the converter equipment itself at its maximum load can reach 88-91%.

In the resonant system, the transmission line capacitance is a component of the resonant loop. Using this cable as a transmission line only slightly reduces the resonant frequency, and the transmitted power during the same experiment was 2.5 kW. However, in a non-resonant power transmission system operating at a higher frequency, this capacitance acts as a reactive load, leading to a maximum transmitted power of only 750 W. The transmission system is designed to operate at voltages up to 1000 V, and the electromagnetic radiation level was measured for comparison with sanitary standards and regulations. Measurements of the maximum values of alternating electric and magnetic field intensity at personnel workplaces in the frequency band of 2 kHz to 400 kHz were conducted at three points (0.7 m, 1.5 m, and 2 m above the floor) along the transmission line suspended in the air at a height of 3 meters. The results indicated that the maximum values of the alternating electric field in the frequency range of 2 – 400 kHz were 100-150 V/m, significantly lower than the maximum permissible level for personnel, set at 500 V/m. Similarly, the maximum values of the alternating magnetic field in the same frequency range were found to be between 0.6 and 1.7 μT , also well below the maximum permissible level for personnel, which is 62.5 μT [5].

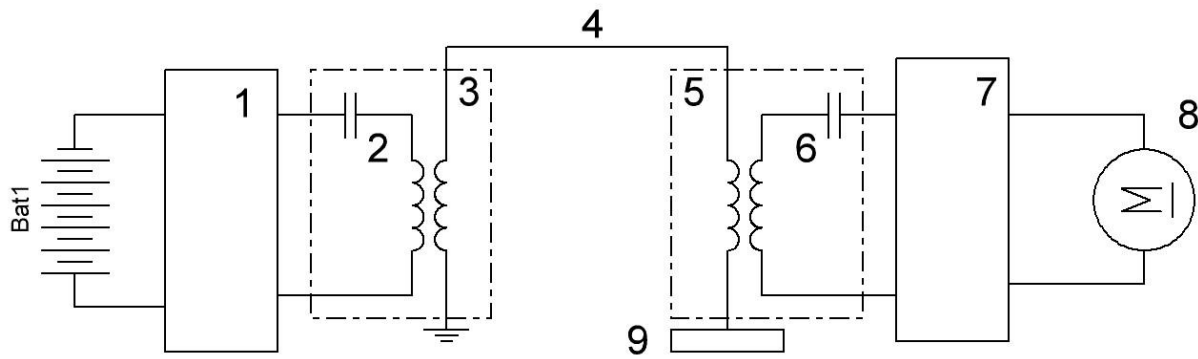


Figure 1: Resonant wire system of electric power transmission [4, p. 36]:
 1 – frequency converter; 2 – capacitance of the resonant circuit of the step-up transformer; 3 – resonant circuit of the step-up transformer; 4 – single-wire line;
 5 – resonant circuit of the step-down transformer; 6 – capacitance of the resonant circuit of the step-down transformer; 7 – rectifier-inverter;
 8 – load; 9 – isolated capacitance

The principle of operation of a resonant power transmission system is based on the use of two transformers operating at a frequency of several kHz and a single-wire line between them, with line voltage up to 10 kV when operating in resonant mode (Fig.1). The transmitting transformer acts as a resonant transformer, setting the operational frequency of the power transmission system. The receiving transformer serves as a broadband step-down transformer. In this case, the elements of the airplane body are used as the second wire.

A resonant transmission transformer consists of a power resonant circuit and a step-up/step-down winding. The receiving transformer does not affect the resonant frequency of the transmission system, allowing multiple transformers to be connected to the transmission line, provided the total power does not exceed the transmission voltage converter's capacity.

The maximum output power of the converter depends on the voltage applied to the circuit, the voltage across the circuit, the circuit capacitance, the frequency and other parameters. Calculation of the maximum output power of a resonant circuit is based on the formula for the quality factor of a loaded circuit. The primary factor that determines the power of the resonant converter at a given frequency is the capacitance of the circuit capacitor. To reduce the mass dimensions of transformers, it is necessary to use cores. A receiving transformer based on a magnetically soft core is calculated using standard techniques. By changing the frequency, the transmitted power can be adjusted, for example, for control systems or airplane lights.

Resonant systems provide high power transmission efficiency when the entire system is tuned to specific parameters such as voltage, frequency, and load. However, a modern airplane experiences a time-varying load during flight, and the output

voltage at the receiving end fluctuates several times, which is unacceptable for operating electrical equipment.

In flight, the load resistance in the aircraft power system changes significantly: the load is at its maximum at takeoff and at its minimum at cruising speed, which causes the output voltage to decrease as the load increases. To address the issue of significant changes in load resistance, it is necessary to employ a resonant power transmission system with output voltage stabilization.

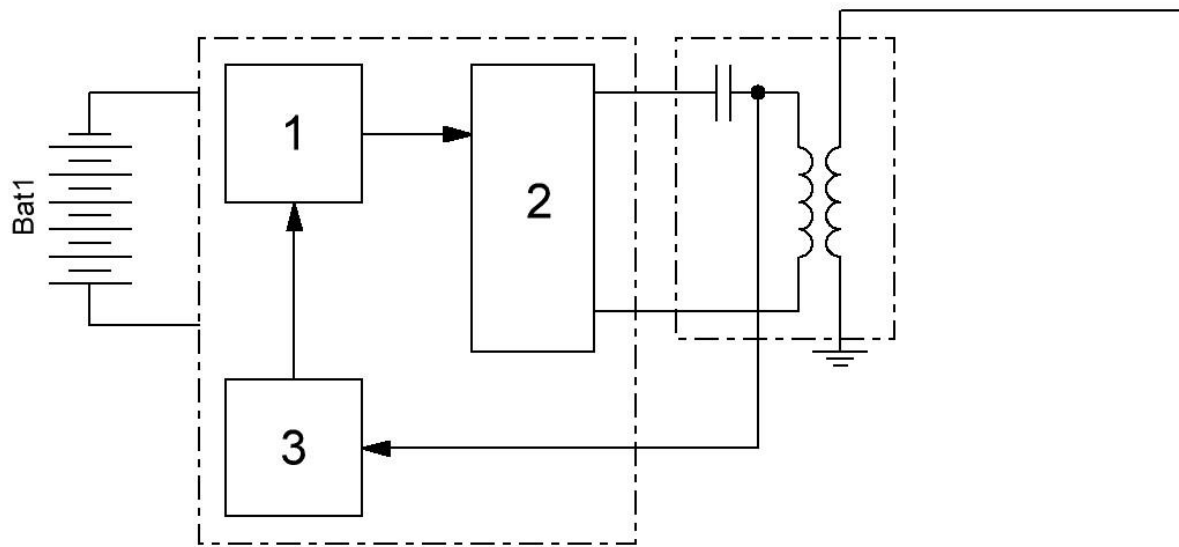


Figure 2. Block diagram of the frequency conversion unit of a resonant power transmission system with output voltage stabilization

In this device (Fig. 2), power element 2 is regulated by set generator 1, which adjusts its frequency and voltage to align with the transmission line voltage via control unit 3. This unit stabilizes the voltage in the transmission line, irrespective of the load.

Since resonant systems operate at higher frequencies with higher voltages, electromagnetic radiation is present in a single-wire unshielded transmission line.

Thus, modern electrical power transmission systems use two- and three-wire lines to transfer electrical energy from the generator to the receiver via current and voltage waves. The primary losses stem from Joule heating resulting from the resistance of the wires, caused by the flow of active conduction current along the closed loop from the generator to the receiver and back.

The following advantages of the resonant single-wire system of electric power transmission at increased frequency have been revealed in the course of our own research:

- increased safety of operation: Compared to the transmission of electric energy at the same effective voltage level in the wire relative to ground for both direct and alternating current at a frequency of 50 Hz, no step voltage is generated. When the effective voltage of the wire is up to 1 kV, an electric shock to a person at high frequency does not occur.

- small mass dimensions of voltage converters compared to a similar system at 50 Hz frequency;

- it is possible to transmit electrical power over a single wire by using the airplane hull as the ground to transfer power between the transmitting and receiving units. At low loads, the receiving units can sometimes operate without a ground connection.

- both single-core wires and shielded cables can function as transmission lines, with the cross-sectional areas of the cable conductors being 20 to 50 times smaller than those utilized in DC power supply systems.

- there is no effect on wire communication channels within the frequency range of 1000-3400 Hz due to the mismatch of operating frequency ranges for other aircraft equipment.

- more than one power consumer can be connected to one resonant transmission system with output voltage stabilization function;

- a resonant power transmission system is not vulnerable to short circuits in the load because the system operates out of resonance, and the voltage converter remains idle.

- short circuits are impossible in a single-conductor cable, and a single-conductor cable cannot cause a fire;

- single-wire power transmission systems operating at higher frequencies, even without superconductivity technology, are more efficient than single-wire-to-ground lines using direct current or alternating current at industrial frequency. The efficiency of the equipment in a resonant power transmission system can exceed 80 %.

- in a resonant transmission line, the levels of electromagnetic fields comply with sanitary norms and regulations. Additional cable shielding will reduce electric and magnetic fields around the cable line.

References:

1. Method of transmitting power over a single wire. URL: <https://molotokrus.ua/sposob-peredachi-energii-po-odnomu-provodu> (date of circulation 28.03.2025).
2. D. V. Ermolenko, I. Yu. Yuferev, O. A. Roshchin. Test results of the resonant single-wire system of electric power transmission to the infrastructure objects of JSC "Russian Railways". Bulletin of the Railway Transport Research Institute. 2018. ISSN 2223–9731.

3. Yu. Yuferev. Features of the operation of single-wire power grids of increased frequency. Agricultural machinery and technologies. 2017. N4. С. 14-19. URL: <https://www.journal-vniizht.ua/jour/article/view/211>(date of circulation 28.03.2025).
4. Strebkov D. S., Nekrasov A. I. Resonance methods of electric energy transfer. 2006. 304 pp. URL: https://rusneb.ua/catalog/000199_000009_009579769 (date of circulation 28.03.2025).
5. State sanitary norms and rules for the protection of the population from the effects of electromagnetic radiation. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#n13> (date of circulation 28.03.2025).

*Ганулiч Борис Костянтинович, кандидат технiчних наук,
старший науковий співробітник, доцент,
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*

РОЗТЯГУВАННЯ І КРУТІННЯ ЗРАЗКА З М'ЯКИМ ПРОШАРКОМ

Інтернет-адреса публікації на сайті:
<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2154/>

Розглянемо розтягування тонкостінної трубки ($t \ll d$, t -товщина стінки, d -діаметр трубки), що виготовлена з ідеально пружно пластичного матеріалу. У трубці виникнуть пластичні деформації, коли розтягувальні напруження досягнуть межі текучості σ_m . При крутінні пластичні деформації з'являться, якщо дотичні напруження досягнуть значення τ_m . При одночасному прикладанні розтягувальних і крутильних зусиль момент виникнення пластичних деформацій, очевидно, опишеться деякою опуклою лінією, що з'єднує точки $A(\sigma_m, 0)$ і $B(0, \tau_m)$ (рис.1а). При $\sigma_1 > \sigma_m$ (точка С) для закручування не вимагається жодних зусиль ($\tau = 0$), тобто матеріал трубки не буде чинити опір дії дотичних напружень, і його поведінка у такій ситуації адекватна поведінці рідини.

На зразках із однорідного матеріалу реалізувати умову $\sigma_1 > \sigma_m$ неможливо, отже, неможливо ні підтвердити, ні заперечити отриманий вище висновок. З метою такої перевірки були виготовлені зразки із швидкоріжучої сталі Р6М5 ($\sigma_m^m > 2000 \text{ МПа}$) з м'яким прошарком із сталі 20 ($\sigma_m^m = 210 \text{ МПа}$) (рис.1б) $d = 16 \text{ мм}$, $h = 9 \dots 10 \text{ мм}$).

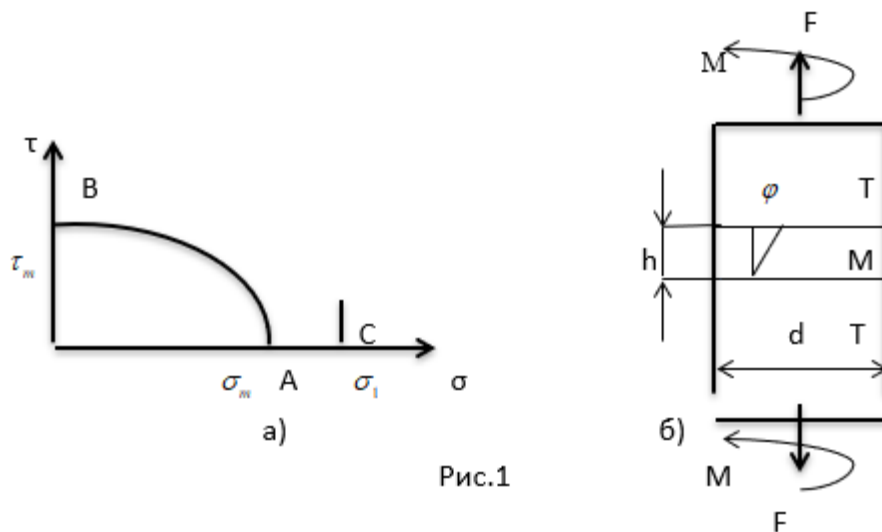


Рис.1

Зразки виготовляли застосуванням електроконтактного зварювання оплавленням двома кроками: спочатку зварювали циліндричні ($d = 26$ мм) заготовки із сталей Р6М5 і 20, потім з'єднання обрізували з боку сталі 20 і знову приварювали циліндр із сталі Р6М5. Зварені заготовки обточували у робочій частині до діаметра 16,5 мм, гартували і шліфували до діаметра 16 мм. Зразки (рис.1б) мали також хвостики, які дозволяли здійснити одночасно розтягування певною силою F і крутильним моментом M .

Раніше було встановлено [1,2], що межа текучості зразка з прошарком $\sigma_m(\chi) = \sigma_m^m (1 + \chi^2) / 2\chi$, $\chi \leq 1$. $X = h/d$ – відносна товщина прошарку. В експерименті $\chi = 0,56 \dots 0,63$, отже $\sigma_m(\chi) = (1,1 \dots 1,2) \sigma_m^m$. Зразки з прошарками розтягували до середніх значень напружень $\sigma = 1,1 \sigma_m^m$. Діаграма розтягу $F - \Delta h$ (Δh – збільшення висоти прошарку), що записувалась при цьому, була лінійною. При $\sigma = 1,1 \sigma_m^m$ розтягування припиняли і зразок закручували. Виявилось, що для закручування зразка на кут $\varphi \leq \pi/6$ (рис.1б) не потрібно жодних зусиль – крутильний момент M , що вимірювався з точністю 0,5 Нм, рівний нулю. При $\varphi = \pi/6$ закручування припиняли, через деякий час (10...20 с) момент закручування зростав від нуля, а зусилля розтягування зменшувалось (при $\Delta h = \text{const}$). При $\varphi > \pi/6$ деякі зразки руйнувались в'язким зрізом по сталі 20 у безпосередній близькості від зварного контакту; зразки, що не руйнувались при $\varphi > \pi/6$, починали чинити опір закручуванню, напевне виявлялось деформаційне зміцнення.

Поки що не вдається пояснити увесь процес розтягування і наступного закручування зразків з м'яким прошарком. Головний висновок – при $\sigma > \sigma_m$ дотичні напруження рівні нулю – підтвердився, тобто при розтягувальних напруженнях, що більші за межу плинності металу, дотичні напруження в ньому відсутні.

Аналогічними експериментами на циліндричних зразках з кільцевими виточками (діаметр зразка 16 мм, діаметр по виточці 10 мм, висота виточки 3...6 мм) із сталі 20 подібного явища не помічається.

Слід відмітити, що відсутність дотичних напружень у прошарку при $\sigma_1 > \sigma_m$ виявлена також при розв'язуванні задачі про прошарок методами теорії пружності [3-5]. Явище релаксації дотичних напружень у металах при великих нормальних застосовується при вивченні квазікрихкого руйнування [6], а ефект контактного зміцнення [1, 2] має практичне застосування [7].

Література:

1. Ганулич Б. К., Гнып И. П., Похмурский В. И. К вопросу о контактном упрочнении мягких прослоек // Физико-химическая механика материалов. – 1981. – №3. – С. 68-73.
2. B. K. Ganulich, I. P. Gnyp, V. I. Pokhmurskii. Contact strengthening of soft layers. – Materials Science Original Paper. – 05.1982. – 17 (3), p. 261-265. doi:10.1007/BF00722602
3. Ганулич Б. К. Напружений стан м'якого прошарку в умовах плоскої та осесиметричної деформації // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2023. – №6. – С. 78-82.
4. Hanulich B. K. Stress state of a soft interlayer under conditions of plane and axisymmetric deformations // Materials science. – 19.08. 2024. – p. 733-740. DOI: 10.1007/s11003-024-00841-3.
5. Ганулич Б. К. Напруження у м'якому прошарку при розтязі в умовах плоскої деформації // Наукові нотатки . – 2021. – Випуск 71, Луцьк-2021. – С. 113-118.
6. Ganulich B. K. Stress relaxation around the tip of an open crack in a metallic material // Strength Mater. – 1994. – 26. – P. 194-199. <https://doi.org/10.1007>
7. V. I. Pokhmurskii, B. K. Ganulich, I. P. Gnyp, S. D. Midik, G. V. Lukyanenko // Effect of Soft Interlayers on Mechanical Properties of Welded Cutting-Tool Tips. – Svar. Proizvod., – 1981. – №3. – p. 16-18.

*Малюк Олександр Сергійович, аспірант,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
ORCID: 0009-0002-5779-6241*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСТОТНО-ЗАЛЕЖНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАВАЧІВ ДЛЯ АВТОНОМНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2153/>

Розвиток автономних сенсорних систем, зокрема в контексті (ІоТ), вимагає створення високоточних, енергоефективних та малих за масштабом сенсорів, здатних працювати в широкому діапазоні температур [1]. У таких

системах особливо актуальними є частотно-залежні давачі температури, які дозволяють уникнути необхідності в аналогово-цифровому перетворенні [2], зменшити кількість компонентів, а також спростити інтерфейс з мікроконтролерами або бездротовими модулями.

У даній роботі розглянуто оптимізацію конструкції та параметрів мікроелектронного температурного сенсора з частотним виходом, побудованого на основі РТАТ генератора струму. Схема реалізована за допомогою CMOS технології 180 нм та інтегрована в релаксаційний генератор, який формує вихідний сигнал у вигляді частоти. Основна увага приділена зменшенню похибки, зниженню енергоспоживання та покращенню стабільності роботи при довготривалому використанні в автономному режимі [3].

Структура сенсора

Сенсор складається з РТАТ-генератора, що формує струм, пропорційний абсолютній температурі, та релаксаційного генератора, який перетворює цей струм у частоту. Для зменшення впливу флуктуацій напруги живлення застосовано стабілізатор на основі каскадної структури. Додатково, для компенсації температурного дрейфу на етапі формування струму реалізовано термокомпенсаційну петлю зі зворотним зв'язком [4].

Методи оптимізації

Оптимізація сенсора здійснювалась за кількома напрямками:

- мінімізація статичних і динамічних споживань енергії шляхом роботи транзисторів у підпороговій області; використання диференційних вузлів для зменшення шумів та підвищення стабільності;
- корекція температурної нелінійності шляхом цифрової апроксимації кривої залежності частоти від температури [5];
- застосування глибокої ізоляції для зменшення паразитних струмів у високотемпературному середовищі.

Експериментальні результати

За результатами моделювання отримано:

- робочий температурний діапазон: $-40^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$;
- лінійність частотного виходу: до $\pm 0.4\%$ у всьому діапазоні;
- чутливість: близько $120 \text{ Гц}/^{\circ}\text{C}$ при 25°C ;
- середнє енергоспоживання: $< 4.7 \text{ мкВт}$ при 1.8 В живлення;
- точність: $\pm 0.65^{\circ}\text{C}$ без калібрування, $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ після цифрової корекції [6];
- дрейф при температурі 85°C протягом 30 днів: не перевищує $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$.

Проведено температурні цикли – від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ з інтервалом 10°C .

Похибка вимірювалась частотоміром з точністю 10 мГц . Для оцінки довготривалої стабільності виконано прискорене старіння з витримкою 200 годин при 125°C . Усі зразки зберегли стабільність частоти в межах $\pm 1.5\%$.

Порівняння з аналогами

У таблиці 1 представлено порівняння розробленого сенсора з аналогічними рішеннями [1-2].

Таблиця 1.

Технологія	Діапазон	Похибка	Споживання
CMOS 0.18 μ m	-40°C ... +125°C	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	6.1 мкВт
CMOS 0.35 μ m	-10°C ... +100°C	$\pm 0.8^\circ\text{C}$	12 мкВт
CMOS 0.18 μ m	-40°C ... +125°C	$\pm 0.2^\circ\text{C}$	4.7 мкВт

Висновок

Розроблений температурний сенсор із частотним виходом показав високі метрологічні характеристики при дуже низькому енергоспоживанні, що робить його перспективним для автономних сенсорних систем, зокрема для IoT-пристроїв, медичних носимих пристроїв та бездротових модулів моніторингу. Запропоновані методи оптимізації дозволили суттєво покращити точність, зменшити енергоспоживання та забезпечити стабільність роботи у широкому температурному діапазоні без необхідності в складних схемах калібрування або зовнішніх перетворювачах.

Література:

1. Pertijs, M. A. P., Huijsing, J. H. Precision temperature sensors in CMOS technology. – Dordrecht : Springer, 2006. – 292 p.
2. Souiri, K., Chae, Y., Makinwa, K. A. A. A CMOS Temperature Sensor with a Voltage Output. // IEEE Journal of Solid-State Circuits. – 2013. – Vol. 48, No. 12. – P. 3010-3017.
3. Малюк, О., Мартинюк, В. Порівняльний аналіз сенсорів температури // Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – 2025. – № 2. – С. 21–26.
4. Chen, D., Li, S., Wang, J. A CMOS Temperature Sensor for SoC Thermal Monitoring // IEEE Sensors Journal. – 2015. – Vol. 15, No. 9. – P. 5266-5273.
5. Abeysinghe, B., Rincon-Mora, G.A., & others. CMOS temperature sensors with frequency output // IEEE Trans. on Circuits and Systems. – 2021. – Vol. 68, No. 4. – P. 912-920.
6. Малюк, О. Давач температури на основі перетворення температури в частоту з похибкою $+0.65 / -0.49^\circ\text{C}$ // Вісник ВНТУ. – 2023. – № 4. – С. 88-92.

Зміст

Секція 1. Інформаційні системи і технології

Bohdan Boretskyi, Halyna Vlach-Vyhrynovska LOW-COST DISTRIBUTED COMPUTING WITH APACHE SPARK: A REVIEW OF EDUCATIONAL AND EXPERIMENTAL RASPBERRY PI CLUSTERS.....	3
Ihor Boklach, Oksana Shpak REVOLUTIONISING INDOOR PLANT CARE: THE IMPACT OF AI-BASED IOT SYSTEMS ON AUTOMATED PLANT MAINTENANCE.....	5
Ihor Liutak CREATING A COMPONENT BASE SOFTWARE USING DROPWIZARD FRAMEWORK.....	7
Oksana Sira, Rodyslav Sinitsyn ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOLVING ROUTING PROBLEMS.....	10
Oksana Volodymyrivna Sira, Roman Mykolayovych Riabokon USE OF INFORMATION TECHNOLOGY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SOLVING TRANSPORT LOGISTICS PROBLEMS.....	12
Zinoviy Liutak IMPLEMENTING QUALITY ASSURANCE STANDARDS IN SOFTWARE DEVELOPMENT FOR A SMALL IT COMPANY.....	15
Губіна Світлана Іванівна, Фрицюк Валентина Анатоліївна ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ.....	17
Єна Максим Вікторович РОЛЬ ХМАРНИЙ ОБЧИСЛЕНЬ У МАСШТАБОВАНOSTІ СЕРВІСІВ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ БПЛА.....	20
Клименко Євгеній Олегович РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРОГНОЗНОЇ АНАЛІТИКИ УСПІШНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ.....	22

Коростинський Богдан Степанович, Кісь Ярослав Петрович ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....	25
Красовський Андрій Олександрович, Кальченко Антоніна Сергіївна ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН НА ОСНОВІ ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ ДАНИХ.....	32
Ривак Назар Тарасович, Демків Любомир Ігорович СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ КОТИРУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТИ.....	36
Сенета Олег Миколайович СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ СКЕЛЕТУ СОБАК З ВИКОРИСТАННЯМ ІШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ DEEPLAB CUT.....	39
Телюк Артем Михайлович ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ВОДІЮ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ.....	42
Хижняк Андрій Васильович, Пріла Ольга Анатоліївна КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ.....	50
Цап Владислав Богданович МОЖЛИВОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ГРАФОВИХ БАЗ ДАНИХ З ВЕЛИКИМИ МОВНИМИ МОДЕЛЯМИ.....	53
Чмир Юрій Ігорович ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РЕКРУТИНГОВОГО ЦЕНТРУ ВІЙСЬКОВОГО КОРПУСУ.....	55

Секція 2. Економічні науки

Гапич Андрій Васильович, Змієвський Сергій Володимирович ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ДРАЙВЕР СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	58
Романів Антон Володимирович ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІНВЕСТИЦІЙ У ПЕРСОНАЛ ТА ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ІТ-КОМПАНІЙ.....	60

Суздалєва Олена Сергіївна ІНВЕСТИВАННЯ ТА ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА.....	63
---	----

Титаренко Олексій Анатолійович РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: ІНСТРУМЕНТИ ТА ЗАГРОЗИ.....	65
--	----

Секція 3. Технічні науки

Oleksandr Sieliukov, Cai Licong APPLICATION OF RESONANT METHODS OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION IN POWER SUPPLY OF LARGE AIRPLANES.....	70
---	----

Гануліч Борис Костянтинович РОЗТЯГУВАННЯ І КРУТІННЯ ЗРАЗКА З М'ЯКИМ ПРОШАРКОМ.....	75
--	----

Малюк Олександр Сергійович ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСТОТНО-ЗАЛЕЖНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАВАЧІВ ДЛЯ АВТОНОМНИХ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ.....	77
--	----

Наукове видання

***«Інформаційне суспільство: технологічні, економічні
та технічні аспекти становлення»***

Рік заснування – 2011

Видання виходить 11 разів на рік

Відповідальний за випуск *У.О. Русенко*
Комп'ютерне верстання *О.В. Ковальський*

Підписано до друку 25.04.2025
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Друк на дублікаторі.
Умов.-друк. арк. 4,5. Обл.-вид. Арк 4,95.
Тираж 50 прим.

Віддруковано ФО-П Шпак В.Б.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК№7599 від 10.02.2022р.
Тел. 097 299 38 99
E-mail: tooums@ukr.net

