

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ВСП «ПОЛТАВСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ НУХТ»  
KHARKIV IT CLUSTER



Перша всеукраїнська  
науково-практична конференція

**«Комп'ютерна інженерія: сучасний стан  
та особливості підготовки фахівців»**

15 – 16 квітня 2026 р.

Полтава ВСП ПФК НУХТ 2026

Наукові праці Першої всеукр. наук.-практ. конф. «Комп'ютерна інженерія: сучасний стан та особливості підготовки фахівців» (СЕ-2026), 15-16 квітня 2026 р. (Полтава, Україна). П. : ВСП ПФК НУХТ, 2026. 163 с.

У працях конференції наведено доповіді за напрямками:

- сучасні тенденції, технології та архітектурні рішення у сфері комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій
- інноваційні педагогічні технології та моделі формування професійних компетентностей фахівців з комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій
- екосистема розвитку комп'ютерної інженерії: індустріальні практики, інновації та інтеграція науки, освіти і бізнесу

Праці конференції будуть корисні науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам ЗПФО, ЗВО та всім, хто цікавиться сучасними інформаційними системами та телекомунікаційними технологіями.

**Подано в авторській редакції.**

*Автори матеріалів несуть повну відповідальність за достовірність наведеної інформації та відповідність матеріалів нормам законодавства, моралі й етики.*

ISBN

© НУХТ, 2026

# ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

## Голова:

**Сергій ГРИБКОВ**, д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки Національного університету харчових технологій

## Заступник голови:

**Олег ОДАРУЩЕНКО**, д.т.н., професор, начальник відділу верифікації НВП «Радікс»

## Члени програмного комітету:

**Анатолій ПАЛАШ** к.т.н., директор ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ»

**Артем ДІГТЯР** викладач спецдисциплін циклової комісії Інформаційних технологій, Харківський політехнічний фаховий коледж, освітній координатор «Kharkiv IT Cluster»

**Михайло ГРАМА**, PhD, старший викладач кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки Національного університету харчових технологій

**Олена Харкянєн**, к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій, штучного інтелекту і кібербезпеки Національного університету харчових технологій

**Олексій ТИРТИШНІКОВ**, к.т.н., доцент, викладач спецдисциплін фахової комісії комп'ютерної інженерії та автоматизації ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ»

**Павло ГАК**, викладач першої категорії, викладач спецдисциплін фахової комісії комп'ютерної інженерії та автоматизації ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ», керівник освітнього проекту SEAcademy

# ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

## Голова:

- **Сергій ГРИБКОВ**, д.т.н., проф.

## Секретарі:

- **Михайло ГРАМА**, PhD
- **Олексій ТИРТИШНІКОВ**, к.т.н., доцент
- **Павло ГАК**, викладач спецдисциплін

## Члени організаційного комітету:

- **Анатолій ПАЛАШ** к.т.н.
- **Олег ОДАРУЩЕНКО**, д.т.н.
- **Олена Харкянен**, к.т.н.
- **Артем ДІГТЯР** викладач спецдисциплін

# 1

## СЕКЦІЯ

### НАУКА+ІТ

**Сучасні тенденції, технології та архітектурні рішення у сфері комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій**

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАГІНІВ БЕЗПЕКИ WORDPRESS ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ РЕАЛЬНИХ ЗАГРОЗ У ВЕБ-РІШЕННЯХ ДЛЯ E- COMMERCE

Собко Д. С., Груздо І. В., к.т.н., доц.

*Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

[daria.sobko@nure.ua](mailto:daria.sobko@nure.ua)

### Analysis of WordPress Security Plugin Effectiveness for Detecting Real Threats in E-Commerce Web Solutions

**Abstract.** This paper investigates which threat classes remain undetected by widely-used WordPress security plugins in e-commerce environments. Five free-tier plugins were tested against real WooCommerce vulnerabilities: XSS, SQL Injection, RCE, brute force, Parameter Tampering, and CSRF targeting payment flows. Results show that all five plugins fail to detect Parameter Tampering and payment-related CSRF, creating a critical security gap for online stores processing payments. Wordfence and MalCare additionally miss File Upload/RCE threats in free mode. Findings justify combining plugin-based protection with dedicated payment component audits.

**Вступ.** Власники WooCommerce-магазинів покладаються на плагіни безпеки як на єдиний засіб захисту, однак жоден публічний огляд не досліджував, які саме класи загроз ці плагіни пропускають в умовах реальної e-commerce інфраструктури. У 2024 р. виявлено 7 966 нових вразливостей WordPress, 96 % з яких - у плагінах [1]. Мета роботи - емпірично визначити прогалини у виявленні загроз платіжним компонентам WooCommerce п'ятьма популярними плагінами безпеки.

**Матеріали та методи.** Тестовий стенд: WordPress 6.x + WooCommerce 8.x з 51 вразливим плагіном (відомі CVE 2022-2024), розгорнутий в ізольованій VM (Apache, PHP 8.1, MySQL 8.0). Плагіни безпеки тестувалися у безкоштовній конфігурації: A1 Wordfence, A2 Sucuri, A3 Solid Security, A4 WP Cerber, A5 MalCare. Для кожного плагіна відтворено шість класів атак: Stored XSS через форми замовлень, SQL Injection у параметрах пошуку товарів, File Upload/RCE через медіабібліотеку, brute force на wp-admin, Parameter Tampering платіжних параметрів WooCommerce (підміна суми та currency), CSRF на endpoint оформлення замовлення. Атаки виконувалися через WPScan та OWASP ZAP; результат фіксувався за фактом блокування або журналювання плагіном.

**Результати та обговорення.** Усі п'ять плагінів успішно блокують Stored XSS та SQL Injection, що свідчить про ефективність сигнатурного захисту для поширених векторів [2]. Однак жоден плагін не виявив атаки класу Parameter Tampering (підміна суми платежу: price=0.01 замість 99.00) та CSRF на endpoint оформлення замовлення - Recall = 0 для обох класів у всіх плагінах. Ці вектори є специфічними для WooCommerce: вони не використовують типових ін'єкційних патернів, що унеможлиблює їх виявлення стандартними WAF-правилами.

У таблиці 1 представлено результати покриття основних класів загроз плагінами безпеки WordPress.

Таблиця 1 - Покриття класів загроз плагінами безпеки (+ - виявляє, - - не виявляє)

Клас загрози	Wordfence	Sucuri	Solid Sec.	WP Cerber	MalCare	Критичність для e-com
XSS (Stored)	+	+	+	+	+	Висока
SQL Injection	+	+	+	+	+	Висока
Brute force	+	-	+	+	-	Середня
File Upload (RCE)	-	+	-	-	+	Висока
Parameter Tampering	-	-	-	-	-	Критична
CSRF (платежі)	-	-	-	-	-	Критична

Слід також зазначити, що за результатами проведених експериментів, Wordfence (A1) та MalCare (A5) у безкоштовному режимі не виявляють File Upload/RCE: функція перевірки завантажуваних файлів заблокована і доступна лише в платній версії, що підтверджує висновки [3] про «хибне відчуття безпеки». Хоча Sucuri (A2) та Solid Security (A3) демонструють кращий баланс покриття, однак відсутність захисту платіжних параметрів залишається критичною для будь-якого магазину, що обробляє транзакції без окремого PCI DSS-сумісного шлюзу [4].

**Висновки.** В ході дослідження було запропоновано перехід від одновимірного оцінювання до багатокритеріальної моделі. Наукова новизна - вперше проведено емпіричне дослідження покриття загроз з акцентом на e-commerce специфічні вектори. Усі досліджені безкоштовні плагіни безпеки WordPress мають системну прогалину: Parameter Tampering та CSRF платіжних потоків WooCommerce не виявляються жодним із них. Необхідно обов'язково поєднувати будь-який плагін безпеки з валідацією платіжних параметрів на рівні серверного коду та регулярним аудитом WooCommerce-хуків.

### Список літератури

1. Patchstack. State of WordPress Security in 2025. Whitepaper. Patchstack OÜ, 2025. URL: <https://patchstack.com/whitepaper/state-of-wordpress-security-in-2025/> (дата звернення: 28.02.2026).
2. Wordfence. 2024 Annual WordPress Security Report. Defiant Inc., 2025. URL: <https://www.wordfence.com/wp-content/uploads/2025/04/2024-Annual-WordPress-Security-Report-by-Wordfence.pdf> (дата звернення: 28.02.2026).
3. Pagey R., Mannan M., Youssef A. M. All Your Shops Are Belong to Us: Security Weaknesses in E-commerce Platforms. Proceedings of the ACM Web Conference 2023 (WWW '23). Austin, TX, USA, 2023. P. 2157-2167. DOI: 10.1145/3543507.3583319.
4. WooCommerce. Securing WooCommerce: Developer Best Practices. 2024. URL: <https://developer.woocommerce.com/docs/security/> (дата звернення: 28.02.2026).
5. OWASP Top Ten - 2025 : веб-сайт. URL: <https://owasp.org/Top10/2025/> (дата звернення: 28.02.2026).

## **ВИКОРИСТАННЯ ОЗЕРА ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА МОЛОКОПЕРЕРОБНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

**Чорнобай К. Ю., Грибков С. В., Литвинов В.А.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*Інститут проблем математичних машин і систем Національної академії наук*

*України, м. Київ*

*E-mail: chornobaiku@nuft.edu.ua*

## **THE USE OF A DATA LAKE FOR DECISION SUPPORT SYSTEM AT DAIRY PROCESSING PLANT**

*This paper justifies the use of a data lake for implementing digital twins, which are virtual models of physical objects that reflect their state, behavior, and dynamic characteristics. It analyzes and justifies the services and tools for creating and using a data lake.*

З урахуванням специфіки предметної області, прийняття управлінських рішень при управлінні харчовим підприємством визначається особливостями виробничо-логістичних процесів, зокрема обмеженим терміном придатності сировини та готової продукції. По-перше, це необхідність врахування швидкості псування сировини та готової продукції, що зумовлює жорсткі часові обмеження при прийнятті рішень і потребує інтеграції з системами моніторингу якості та умов зберігання. По-друге, характерною ознакою є багатоваріантність рецептур і технологічних режимів, що формує складні задачі оптимізації з великою кількістю обмежень. По-третє, суттєву роль відіграє невизначеність попиту та коливання параметрів сировини, що потребує застосування методів прогнозування та адаптивного управління.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) у цій галузі повинні забезпечувати інтеграцію технологічних і економічних критеріїв. Це передбачає одночасну оптимізацію якісних показників продукції, витрат, використання ресурсів і відповідності нормативним вимогам безпеки. У зв'язку з цим доцільним є застосування багатокритеріальних моделей і гібридних підходів, що поєднують методи математичного моделювання, експертні знання та інструменти штучного інтелекту.

СППР на харчових підприємствах доцільно розглядати як інтегровану інформаційно-аналітичну систему, що функціонує в межах єдиного цифрового контуру управління виробництвом, логістикою та якістю продукції. Її архітектура має багаторівневий характер і базується на трирівневій моделі, яка включає транзакційний рівень (OLTP), інтеграційний рівень (ETL-процеси) та аналітичний рівень (сховище даних і OLAP-обробка). Така архітектура забезпечує трансформацію операційних даних у знання, придатні для підтримки управлінських рішень, зокрема через використання сховищ даних та багатовимірної аналізу.

Розвиток та впровадження усіх елементів Індустрії 4.0/5.0 забезпечило розвиток цифрових двійників, мета яких полягає у динамічному відображенні фізичних об'єктів і процесів у цифровому середовищі, що дозволяє отримувати потокові дані з технологічного обладнання, сенсорних мереж та виробничих ліній у режимі, наближеному до реального часу.

Забезпечення максимального збору оперативної інформації для СППР у харчовій промисловості доцільно розглядати як задачу побудови безперервного цифрового контуру, в якому поєднуються кіберфізичні системи, концепція цифрового двійника та архітектура озера даних. У цьому контексті ключовим є не лише збір даних, а й забезпечення їхньої повноти, часової узгодженості, достовірності та семантичної інтерпретації. Важливою умовою є організація багаторівневого збору даних: на рівні обладнання (датчики температури, вологості, витрат), на рівні технологічних операцій (MES), а також на рівні бізнес-процесів (ERP). Така ієрархічна агрегація забезпечує формування цілісного цифрового профілю виробництва, що є основою для побудови адекватного цифрового двійника.

Цифровий двійник є віртуальною моделлю фізичного об'єкта, яка відображає його стан, поведінку та динамічні характеристики. Взаємозв'язок між фізичною сутністю та її цифровим представленням реалізується через озеро даних (Data Lake) [1].

Озеро даних у сучасних архітектурах оброблення інформації розглядається як централізоване сховище, що забезпечує зберігання структурованих, напівструктурованих і неструктурованих даних у їх первісному вигляді. Ключовою відмінністю озера даних від традиційного сховища даних є використання парадигми «схема-для-читання» (schema-on-read) на противагу «схема-для-запису» (schema-on-write). Це означає, що дані надходять до системи без попереднього визначення структури, а їх семантична інтерпретація здійснюється під час виконання аналітичних запитів. Такий підхід є особливо релевантним для харчових підприємств, де джерела даних є гетерогенними та включають реляційні бази даних ERP-систем, потокові телеметричні дані з IoT-сенсорів виробничого обладнання, журнали подій автоматизованих систем керування технологічними процесами, відеопотоки систем контролю якості продукції, а також неструктуровані документи, зокрема сертифікати відповідності та ветеринарні супровідні документи.

Ключовим механізмом інтеграції цифрових двійників та озера даних є потокова обробка даних (stream processing), яка реалізується через брокери повідомлень та платформи обробки подій. Це дозволяє забезпечити мінімальні затримки передачі даних та підтримувати актуальність цифрового двійника. При цьому критично важливим є застосування підходів до управління якістю даних, включаючи фільтрацію шумів, валідацію та синхронізацію часових міток, що особливо актуально для харчових виробництв із жорсткими вимогами до контролю якості.

Засоби побудови озера даних (Data Lake) визначаються архітектурними вимогами до системи, зокрема масштабованістю, пропускну здатністю, типами даних і режимами оброблення. У сучасній практиці такі засоби доцільно

розглядати як сукупність технологічних компонентів, що реалізують функції зберігання, інтеграції, оброблення та доступу до даних.

На рівні зберігання даних застосовуються розподілені файлові системи та об'єктні сховища. Фундаментом сучасного озера даних є рівень зберігання, який забезпечує масштабоване та економічно ефективно накопичення значних обсягів структурованих і неструктурованих даних. Використання сховищ даних в сучасних інформаційних системах стало стандартом, адже вони ізолюють процеси зберігання даних від процесів обчислень.

Найбільш популярним є Amazon S3 у межах платформи Amazon Web Services, Azure Data Lake Storage Gen2 у середовищі Microsoft Azure та Google Cloud Storage від Google. Зокрема, Azure Data Lake Storage Gen2 поєднує переваги об'єктного сховища з ієрархічною файловою системою, що спрощує реалізацію сценаріїв, характерних для екосистеми Hadoop.

Для організацій, що розгортають інфраструктуру у власних дата-центрах або приватних хмарах, доцільним є використання Hadoop Distributed File System або S3-сумісних рішень з відкритим кодом, зокрема MinIO, які забезпечують API, сумісний з Amazon S3, і можуть функціонувати на локальних ресурсах.

Рівень інтеграції та завантаження даних (ingestion) реалізується за допомогою інструментів потокової та пакетної обробки. До поширених інструментів керування потоками даних і ETL/ELT-процесів належать Apache Kafka, Apache NiFi та Talend. На рівні оброблення даних використовуються розподілені обчислювальні фреймворки, зокрема Apache Spark, Apache Flink та Presto. Вони забезпечують як пакетну, так і потокову аналітику. Рівень керування метаданими та каталогізації є критично важливим для реалізації парадигми schema-on-read. Для цього застосовуються AWS Glue Data Catalog, Apache Hive та Apache Atlas, які забезпечують опис, пошук і контроль даних. Для доступу та аналітики використовуються BI-інструменти та SQL-рушії, зокрема Power BI, Tableau та Apache Superset.

Таким чином, побудова озера даних передбачає інтеграцію декількох класів технологій у єдину багаторівневу архітектуру. Вибір конкретних засобів визначається вимогами до продуктивності, фінансовими можливостями, рівня автоматизації та ступеня інтеграції з існуючими корпоративними системами (ERP, MES, IoT).

### Література

1. Muñoz P., Troya J., Vallecillo A. Using UML and OCL Models to Realize High-Level Digital Twins // 2021 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C). – 2021. – P. 212–220. – DOI: 10.1109/MODELS-C53483.2021.00037.
2. Hai R., Quix C., Jarke M. Data lake concept and systems: a survey // CoRR. – 2021. – Vol. abs/2106.09592.

## **ARCHITECTURE AND IMPLEMENTATION OF MODERN NUMERICAL METHODS IN COMPUTING SYSTEMS**

Kapiton A.M. D.P.S, Professor of the Department of Computer and Information Technologies and Systems

Yuriy Kondratyuk Poltava Polytechnic National University  
kits\_seminar@ukr.net

**Abstract.** The study is devoted to the analysis of the architecture and implementation of modern numerical methods in computing systems. It is established that modern numerical methods are considered as discrete algorithmic structures designed to approximate solutions of complex mathematical models in environments with limited computing resources. In the context of software development, these methods allow to circumvent the problem of analytical uncomputability by iterative approximation. The effectiveness of numerical methods as the basis of Data Science and engineering software is proven, which depends not only on convergence, but also on the speed of algorithms, their suitability for parallelization and accuracy when working with floating-point numbers. The methods are systematized by the type of algorithmic load. The features of software implementation and system architecture are studied.

**Introduction.** Today, numerical methods are perceived as algorithms that allow finding approximate solutions to complex models under conditions of limited hardware power. In programming, they solve the problem of the impossibility of exact calculations through iterative approaches. A basic set of technologies - from spectral analysis to the Monte Carlo method - is an integral part of physical engines and analytical systems.

**Results and Discussion.** Numerical methods are the foundation of modern developments in the field of Data Science, computer graphics and engineering software. In addition to mathematical convergence, the key criteria for their quality are algorithmic complexity, the possibility of parallel calculations and resistance to the accumulation of rounding errors in the Floating-point format. Numerical methods are tools for approximating mathematical models when an analytical solution is impossible or resource-intensive. Thanks to iterative processes, they allow working in conditions of limited resources. The basis of the stack is FFT, spectral analysis and stochastics, which are now massively implemented in analytical platforms and simulators[1,2].

Modern numerical methods are considered as discrete algorithmic structures designed to approximate solutions to complex mathematical models in environments with limited computational resources. In the context of software development, these methods allow to circumvent the problem of analytical non-computability through iterative approximation. The key technology stack is based on spectral analysis, fast Fourier transform (FFT) and stochastic simulations, which are integrated into modern physical modeling engines and analytical platforms.

The effectiveness of numerical methods - the foundation of Data Science and engineering software - depends not only on convergence, but also on the speed of

algorithms, their suitability for parallelization, and accuracy when working with floating-point numbers.

Systematization of methods by type of algorithmic load:

Numerical Linear Algebra - focused on the development of highly efficient solvers for systems of linear algebraic equations (SLA). Matrix decomposition methods (LU, QR, SVD), Jacobi and Seidel iterative procedures, as well as algorithms for working with sparse data structures (Sparse Matrices) that minimize memory footprint are used;

Nonlinear optimization and Root-finding includes methods for finding zeros of functions (Newton-Raphson, secant) and algorithms for global and local optimization, which are critical for training neural networks (e.g., gradient descent and its variations);

Differential equations and discretization is the modeling of dynamical systems based on Runge-Kutta methods for DDM and finite element methods (FEM) or finite difference methods for DDM. In software development, this is implemented through discretization of the continuum, which allows building digital twins of physical objects;

numerical integration and signal processing is the application of quadrature formulas (Simpson, trapezoidal) to approximate the area under the curve, which correlates with the tasks of digital filtering and signal processing (DSP);

stochastic modeling (Monte Carlo Methods) is the use of pseudo-random number generators for simulation modeling, risk assessment in Fintech and validation of statistical hypotheses.

Features of software implementation and system architecture

The modern approach to the development of computational software involves:

parallelization and vectorization is the optimization of algorithms for multi-core CPUs and massively parallel GPU architectures (CUDA, OpenCL technologies). The use of SIMD instructions to increase computing throughput;

low-level library ecosystem using high-performance packages such as BLAS (Basic Linear Algebra Subprograms) and LAPACK, as well as distributed computing frameworks (PETSc, Apache Spark). In Python, this is implemented through wrappers over C/Fortran code in the NumPy, SciPy, and PyTorch libraries;

containerization and deployment: Integrating multiple modules into a microservice architecture using Docker and Kubernetes to scale HPC clusters.

Conclusions. Numerical methods are the core of modern Data Science, Computer Graphics, and Engineering Software. Their effectiveness is determined not only by mathematical convergence, but also by algorithmic complexity, parallelization capability, and stability under rounding errors when working with floating-point arithmetic.

Literature

1. Application of simd-instructions to increase the efficiency of numerical methods for solving SLAE. URL: <https://csitjournal.khmnu.edu.ua/index.php/csit/article/view/333> (access date: 10.04.2026)

2. Adaptation of numerical methods to the software implementation of applied and engineering problems in the field of ux/ui design URL: <https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky/article/view/606> (access date: 11.04.2026)

## ВПЛИВ ВОКАЛОЇДІВ ТА УТАУ НА КУЛЬТУРНИЙ ТА МЕДІАПРОСТІР

**І.О. Терещенко, М.П. Грама**

*Національний університет харчових технологій*  
*E-mail: yofoxtail@gmail.com , gramamp@nuft.edu.ua*

### **The Impact of Vocaloids and Utas on the Cultural and Media Landscape**

*Vocaloids have significantly influenced modern media, transcending their original purpose as vocal synthesis software. Characters like Hatsune Miku have become global pop culture icons, appearing in concerts as holograms, video games, and even commercials. Virtual avatars have inspired new genres, fan art, and virtual entertainment trends, blending technology with artistry. Their accessibility allows independent creators to produce professional-level music, Ukrainian cover artists create content using UTAU. This case illustrates how local communities reinterpret global software, transforming linguistic technological limitations into creative catalysts.*

**Вступ.** VOCALOID – одна з найпоширеніших із багатьох комп'ютерних програм-синтезаторів співу, розроблена компанією YAMAHA Corporation в Японії у 2004 році, з того часу отримала 6 глобальних оновлень. Маючи велику конкуренцію з іншими жанрами, серед трендових пісень останніх років досі можна помітити віртуальних айдолів “World Is Mine – Supercell”, “Monitoring – DECO\*27”, “Looping the Rooms – rusino” та “Mesmerizer – 32ki”[1]. Сучасний медіапростір переживає радикальні зміни завдяки розвитку технологій, серед яких особливе місце займають вокалоїди. Вони не лише трансформують музичну індустрію, а й впливають на культуру, мистецтво та спосіб поширення власної творчості. Окремим феноменом у цьому контексті постає український простір, який формується навколо безкоштовного редактора UTAU та спільноти ентузіастів, що долають бар'єри заради творчості рідною мовою.

**Матеріали і методи.** Назва “вокалоїд” утворилась від програмного забезпечення-засновника, тому для узагальнення всіх віртуальних аватарів найчастіше використовується відповідна назва. VOCALOID дозволяє створювати вокальні партії, імітуючи справжній спів людини. Він працює на основі записаних фонем, зразків реальних співаків у вигляді “voicebank” (з англ. “голосовий банк”) та дозволяє налаштовувати тембр, швидкість, частоту та інші параметри під потрібний жанр чи настрій пісні. Використання віртуальних аватарів відкриває нові горизонти для творчості, поєднуючи простоту концепції з широкими функціоналом. Для захисту голосових провайдерів створюються віртуальні аватари — цифрові персонажі з унікальною ідентичністю (приклад на Рис. 1), які відокремлюють реальну особу від її творчого інструменту.

Такі герої отримують власні біографію, характер та естетику, що не лише зменшує ризики, але й стає потужним маркетинговим інструментом. Наприклад, популярність голосових баз часто залежить від продуманого образу персонажа: його візуальної складової, історії та навіть “особистих” вподобань .



Рис. 1. Дизайни популярних вокалоїдів

Паралельно з комерційними синтезаторами розвивається безкоштовна альтернатива UTAU, створена японським розробником Ameya у 2008 році. UTAU дозволяє користувачам самостійно створювати власні голосові банки, що сприяє появі нових віртуальних співаків. Українська спільнота активно використовує цю можливість, з'являються утау рідною мовою (на Рис. 2).



Рис. 2. Дизайни українських утау

Ключовою технічною проблемою є те, що всі готові “voicebank” за замовчуванням містять лише японські або англійські фонемі. Відтворення української мови вимагає ручного складання фонем з окремих звуків, використання алітерації, транслітерації або запису відсутніх звуків у власному банку голосу. Наприклад, українські звуки [и], [г], м'які приголосні або специфічні дифтонги часто замінюються комбінаціями англійських чи японських семплів, що потребує від творця високої точності налаштувань.

**Результати та обговорення.** Вокалоїди, як технологія, ніколи не створювалися для того, щоб замінити живих співаків чи позбавити когось роботи. Навпаки, вони дали можливість тисячам творців реалізувати свої ідеї, навіть якщо у них не було грошей на професійного вокаліста. Найкращим прикладом для розгляду є Хацуне Міку, яка з часом свого створення перетворилася на справжню поп-ідолку приблизно з 24.4 мільйонів прослуховувань в Spotify [1]. Її образ вийшов далеко за межі синтезатора: вона стала персонажем ігор, голограмою і “обличчям” вокалоїдів. Для багатьох вона не просто інструмент, а маскот, символ цілої спільноти, візуальний персонаж, наповнений численними неканонічними подіями, які можна доповнювати та інтерпретувати під ідеї продюсера. Знайти точну кількість пісень де використовується її voicebank достатньо складно, але кількість може виходити за 100 тисяч серед яких найпопулярнішими на 2026 є “Ievan Polkka”, “The Future of Beginning – 40mP, sasakure.UK”, “World Is Mine – Supercell” [1]. За статистикою останніх років на Songstats [1], помітно як популярність зростає, показуючи, що спільнота тримає не тільки старих фанатів,

але й приймає нових.

Вокалоїди допомагають людям. “Cheerful JAPAN!” є благодійною акцією, покликана зібрати кошти на допомогу постраждалим від землетрусу і цунамі 2011 року в Тохоку, невелика частина від продажу кожної фігурки вокалоїдів йшла до відповідних благодійних фондів, яка за офіційним джерелом станом на 31 жовтня 2018 року збрала наступну суму: ¥5,712,000 [2]. 30 вересня 2020 року вийшла гра Project Sekai: Colorful Stage!, яка поєднала класичні механіки Project Diva з сучасними gacha-елементами, представивши покоління віртуальних ідолів в нових образах. Також 5 оригінальних музичних гуртів, кожен з яких має унікальну історію та тематику. Ця гра не лише оновила інтерес до Vocaloid-музики серед молодшої аудиторії, але й стала платформою для колаборацій з відомими продюсерами, такими як Kurage-P або DECO\*27, чії пісні отримували нове життя у виконанні як віртуальних, так і людських айдолів. В українському просторі вокального синтезування поступово перетворюється з нішевого хобі на ціле ком'юніті. Завдяки UTAU та ентузіазму спільноти з'явилися кавер-артисти, такі як eatum-b, phi\_rea, nat06-P, які створюють україномовний контент, використовуючи переважно японські та англійські голосові банки. Кавери на “Перший дзвоник – Наталія Май” та “Смарагдове небо – DREVO” від eatum-b за допомогою утау Тето залишили слід в серцях тисячі українців. Яскравим прикладом роботи з українською утау є Соломія, чия оригінальна пісня “Пташка в клітці – Vocalsynth UA” також демонструвала можливість адаптації синтезатора до нерідної фонетики. Важливою подією для внутрішньої спільноти став вихід першого українського журналу “Вокасинт” від Vocalsynth UA в 2025 році, присвячений вокалоїд та утау культурі. Цей журнал зафіксував не лише творчі доробки, технології, підказки й сам факт існування активної, самоорганізованої спільноти.

**Висновки.** Вокалоїди — це не тільки технологічний інструмент, а цілий культурний міст між фантазією та реальністю. Вони підтримують музичний простір, даючи голос тим, хто його не мав, і відкривають нові горизонти для творчості. Їхня магія у здатності об'єднувати людей через мелодії, поза межами мов, націй і навіть фізичних обмежень. Саме тому вони стали не лише частиною музики, а й потужним явищем сучасного медіапростору, що надихає мільйони на власні проекти. Українська спільнота кавер-артистів доводить: навіть без готової підтримки мови в синтезаторах, потрібна лише наполегливість, технічна кмітливість та любов до музики щоб створити те, чого не існувало. Використання вокалоїда чи утау не робить автора менш значимим, а доповнює творчий процес. Користуючись інструментами людина не втрачає своє звання як творця, свій бренд та має повноцінне право кредитувати себе.

### Література

1. Songstats, 2026. Analytics Hatsune Miku. URL: <https://songstats.com/artist/hzsdixvf/hatsune-miku?source=spotify>. (дата звернення: 06.04.2026).
2. Cheerful JAPAN! Official english site, 2026. URL: <https://cheerfuljapan.com/en/>. (дата звернення: 06.04.2026).

## Геопросторовий підхід до вибору ділянок для розміщення сонячних панелей з урахуванням рельєфу та локального затінення

Птащенко Т.В., Двірна О.А., канд. фіз.-мат. наук  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка», Полтава, Україна  
e-mail: *lenadvirna@gmail.com*

### Geospatial approach to site selection for solar panel placement considering terrain and local shading

**Abstract.** The paper proposes a geospatial multi-criteria approach for selecting and ranking sites for photovoltaic panel placement using digital elevation models, GIS data, and local shading assessment. The method integrates exclusion criteria, normalized evaluation factors, and a shading correction coefficient into a unified suitability index. The results demonstrate that incorporating terrain features and temporal shading scenarios improves the accuracy of site selection compared to simplified approaches. The proposed model can be used for rapid preliminary assessment of solar energy deployment in regions with complex terrain and fragmented land use.

Перехід до відновлюваних джерел енергії в Україні перестав бути лише екологічним або економічним трендом і став питанням енергетичної стійкості. Після масованих руйнувань енергетичної інфраструктури особливого значення набувають децентралізовані джерела генерації, які можна швидко розгорнути на рівні громад, підприємств, лікарень і критичних об'єктів. Сонячні фотоелектричні системи є одними з найреалістичніших рішень для такого сценарію, однак ефективність їх використання істотно залежить не лише від характеристик обладнання, а й від правильності вибору місця встановлення [1].

У найпростішому випадку розміщення панелей оцінюють за усередненими правилами: орієнтація на південь, рекомендований кут нахилу, відсутність видимих перешкод і близькість до точки підключення. Такий підхід є прийнятним для відкритих рівнинних територій, проте його застосування в умовах складного рельєфу або щільної забудови призводить до значних похибок. У реальних умовах локальне затінення, неоднорідність експозиції поверхні та просторові обмеження можуть зменшувати ефективність генерації на десятки відсотків [2], [3]. Це особливо актуально для територій України, де значна частина земель характеризується складною морфологією, наявністю лісосмуг, ярів і фрагментованим землекористуванням.

Проблема вибору ділянки для розміщення сонячних електростанцій є багатокритеріальною. Вона передбачає одночасне врахування природних, технічних, економічних та інфраструктурних факторів. До ключових параметрів належать рівень інсоляції, крутизна та експозиція схилу, ризик затінення, відстань до електромереж, транспортна доступність, а також обмеження, пов'язані із

землекористуванням [2], [4]. Така багатофакторність обумовлює необхідність використання геоінформаційних систем (ГІС) та методів багатокритеріального аналізу прийняття рішень.

Сучасні підходи до просторового планування сонячних установок базуються на інтеграції геопросторових даних і методів аналізу. Одним із перспективних напрямів є використання дистанційного зондування Землі разом із ГІС для створення карт сонячного потенціалу. Зокрема, у роботі [1] продемонстровано ефективність поєднання супутникових даних і нечіткої логіки для детального оцінювання енергетичного потенціалу територій. Такий підхід дозволяє перейти від усереднених оцінок до просторово диференційованого аналізу.

Іншим важливим аспектом є поділ критеріїв на критерії виключення та критерії оцінювання. Перші використовуються для відсіювання непридатних територій, тоді як другі формують основу для ранжування альтернатив. Як показано у [3], поєднання бульових масок обмежень із зваженим накладанням шарів забезпечує ефективний інструмент для первинного відбору ділянок. Однак цей підхід потребує подальшого уточнення на локальному рівні, особливо в умовах складного рельєфу.

Для формалізації процесу прийняття рішень широко застосовуються методи багатокритеріального аналізу (MCDA). Метод аналізу ієрархій АНР дозволяє визначати ваги критеріїв шляхом парних порівнянь, забезпечуючи узгодженість експертних оцінок. Метод TOPSIS, у свою чергу, дозволяє ранжувати альтернативи за принципом близькості до ідеального рішення [4]. Комбінація цих методів забезпечує гнучкість і адаптивність моделі до різних умов.

Основою геопросторового аналізу є цифрові моделі рельєфу, супутникові знімки та тематичні шари. На їх основі обчислюються похідні характеристики, такі як нахил, експозиція, показники затінення та відстань до інфраструктури. Рельєф відіграє ключову роль у визначенні ефективності сонячних установок, оскільки він впливає на кут падіння сонячних променів і тривалість інсоляції [2], [3]. Наприклад, південні схили з нахилом 5–15° забезпечують оптимальні умови для генерації, тоді як північні схили або западини можуть суттєво знижувати енергетичний потенціал.

У межах даного дослідження запропоновано геопросторово-орієнтований підхід до вибору ділянок, який включає чотири основні етапи. На першому етапі формується набір вхідних даних, що включає цифрову модель рельєфу, ортофотоплани, дані про інфраструктуру та землекористування. На другому етапі застосовуються критерії виключення для усунення непридатних територій. На третьому етапі виконується розрахунок критеріїв оцінювання, які нормалізуються до єдиного масштабу. На четвертому етапі здійснюється інтегральне ранжування ділянок.

Інтегральний показник придатності визначається як зважена сума нормалізованих критеріїв із урахуванням коефіцієнта затінення:

$$Q_i = \sum(w_k \cdot f_k(i)) - \lambda \cdot K_{sh}(i), \sum w_k = 1.$$

Особливістю моделі є введення коефіцієнта локального затінення як окремого параметра. На відміну від традиційних підходів, де затінення враховується опосередковано, у даній роботі воно розглядається як ключовий фактор, що може суттєво впливати на результати. Для його оцінювання використовуються часові сценарії, що враховують сезонні зміни положення Сонця. Це дозволяє більш точно відобразити реальні умови експлуатації фотоелектричних систем.

Результати моделювання показали, що врахування локального затінення дозволяє підвищити точність оцінювання придатності ділянок. Зокрема, встановлено, що ігнорування цього фактору призводить до переоцінки потенціалу на 12–18 %. Ділянки з оптимальними параметрами рельєфу та мінімальним затіненням демонструють значення інтегрального показника понад 0,75, тоді як складні території мають значення на рівні 0,45–0,6.

Окрему увагу приділено питанню просторового планування розміщення панелей. Для цього використано геометричну модель визначення міжрядної відстані, яка враховує мінімальний кут підняття Сонця. Встановлено, що для складного рельєфу оптимальні параметри розміщення можуть відрізнятися від стандартних значень на 10–25 %, що підтверджує необхідність індивідуального підходу до кожної ділянки [8, 9].

Практична реалізація запропонованого підходу може бути здійснена із використанням сучасних програмних засобів, таких як QGIS, PostGIS та Python-бібліотеки. Зокрема, використання пакету PyLUSAT дозволяє автоматизувати процес аналізу придатності [5], а бібліотека `pvlib` та інструмент `PVWatts` — виконувати моделювання виробітку електроенергії [6, 7]. Це відкриває можливість створення інтегрованих систем підтримки прийняття рішень.

Таким чином, результати дослідження підтверджують ефективність використання геопросторових методів для вибору ділянок під сонячні електростанції. Запропонований підхід дозволяє враховувати складні просторові фактори та забезпечує більш точне оцінювання потенціалу територій. Це має важливе значення для практичного впровадження сонячної енергетики в умовах сучасних викликів.

У подальших дослідженнях доцільно зосередитися на розширенні функціональності моделі, зокрема інтеграції економічних показників та розробці методів валідації результатів на основі реальних даних. Це дозволить підвищити точність прогнозування та сприятиме більш ефективному плануванню розвитку відновлюваної енергетики в Україні.

Важливим напрямом подальшого розвитку запропонованого підходу є інтеграція економічних критеріїв у загальну модель оцінювання придатності ділянок. Окрім технічного потенціалу території, суттєвий вплив на доцільність реалізації проєкту мають витрати на підключення до електромереж, підготовку території, логістику та обслуговування. Включення таких показників до багатокритеріальної моделі дозволить перейти від оцінювання фізичного потенціалу до комплексного аналізу ефективності інвестицій. У цьому контексті доцільним є поєднання геопросторового підходу з методами економіко-математичного моделювання та аналізу життєвого циклу енергетичних систем.

Ще одним перспективним напрямом є використання методів машинного навчання для підвищення точності прогнозування придатності територій. Зокрема, на основі історичних даних про фактичну генерацію електроенергії можна формувати навчальні вибірки для побудови моделей, які враховують складні нелінійні залежності між параметрами рельєфу, кліматичними умовами та ефективністю роботи фотоелектричних систем. Поєднання таких підходів із традиційними ГІС-методами може забезпечити більш адаптивні та самонавчальні системи підтримки прийняття рішень.

### Список використаних джерел

1. S. Drozd, N. Kussul, “Solar energy potential mapping in Ukraine through integration of GIS, remote sensing, and fuzzy logic,” *European Journal of Remote Sensing*, vol. 57, no. 1, pp. 1-25, 2024. doi: 10.1080/22797254.2024.2362390.
2. J. M. de Luis-Ruiz, B. R. Salas-Menocal, R. Pereda-Garcia, R. Perez-Alvarez, J. Sedano-Cibrian, and C. Ruiz-Fernandez, “Optimal Location of Solar Photovoltaic Plants Using Geographic Information Systems and Multi-Criteria Analysis,” *Sustainability*, vol. 16, no. 7, art. 2895, 2024. doi: 10.3390/su16072895.
3. L. M. Perovych and D. Kereush, “Tekhnolohiia vyboru optymalnoho mistsia roztashuvannia soniachnykh elektrostantsii z vykorystanniam dystantsiinoho zonduvannia Zemli ta HIS-tekhnolohii,” *Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoziomka*, no. 86, pp. 73-79, 2017. doi: 10.23939/istcgcap2017.02.073.
4. Y. Mala and T. Selivorstova, “Zastosuvannia metodiv pryiniattia rishen dlia vyboru mistsia roztashuvannia stantsii soniachnoi enerhetyky v Ukraini,” *Informatsiini tekhnolohii v metalurhii ta mashynobuduvanni*, pp. 474-479, 2025. doi: 10.34185/1991-7848.itmm.2025.01.084.
5. C. Chen, J. Judge, and D. Hulse, “PyLUSAT: An open-source Python toolkit for GIS-based land use suitability analysis,” *Environmental Modelling & Software*, vol. 154, art. 105362, 2022. doi: 10.1016/j.envsoft.2022.105362.
6. W. F. Holmgren, C. W. Hansen, and M. A. Mikofski, “pvlib python: a python package for modeling solar energy systems,” *Journal of Open Source Software*, vol. 3, no. 29, p. 884, 2018. doi: 10.21105/joss.00884.
7. A. P. Dobos, *PVWatts Version 5 Manual*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2014. doi: 10.2172/1158421.
8. L. Yankiv-Vitkovska, B. Peresunko, I. Wyczalek, and J. Papis, “Site selection for solar power plant in Zaporizhia city (Ukraine),” *Geodesy and Cartography*, vol. 69, no. 1, pp. 97-116, 2020. doi: 10.24425/gac.2020.131076.
9. O. S. Butenko, K. A. Tsviashchenko, K. O. Buravchenko, and A. A. Nikitin, “Optyimizatsiia protsesu vyboru mistsia rozmishchennia soniachnykh elektrostantsii z vykorystanniam GIS-analizu,” *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, iss. 1(53), pp. 17-21, 2019.

## МАТЕМАТИЧНІ КРИТЕРІЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ШУМУ У БАГАТОВИМІРНИХ ЛОГАХ ВЕБ-ТРАФІКУ

Гуро Д. А., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: kaliniaguro@gmail.com

## MATHEMATICAL CRITERIA FOR FILTERING INFORMATION NOISE IN MULTIDIMENSIONAL WEB TRAFFIC LOGS

*The limitations of traditional web analytics methods are examined in the context of growing volumes of multidimensional data, which leads to a high rate of false positives and the failure to detect hidden anomalies. A Bayesian approach to assessing the informational significance of events based on the Kulbak–Leibler divergence is proposed, which improves the accuracy of detecting critical deviations in user behavior patterns.*

У сучасній комп'ютерній інженерії та розробці інформаційних систем експоненційне зростання обсягів даних зумовлює перевантаження аналітичних процесів, що проявляється як у когнітивному навантаженні фахівців, так і у зниженні ефективності алгоритмічної обробки даних. Платформи веб-аналітики акумулюють терабайти багатовимірних логів, які містять інформацію про клікову активність, глибину прокручування, тривалість сесій та траєкторії навігації користувачів. Використання традиційних систем моніторингу, заснованих на статичних правилах і фіксованих порогових значеннях, призводить до генерації значної кількості хибнопозитивних спрацьовувань, що знижує точність виявлення аномалій. Це створює так званий "інформаційний шум", у якому критично важливі інсайти (наприклад, неочевидні збої у воронці конверсії) губляться серед рутинних статистичних флуктуацій. Вирішення цієї проблеми вимагає розробки нових, адаптивних математичних критеріїв фільтрації подій, здатних динамічно враховувати контекст і історичну структуру даних.

Зазначена проблема не є специфічною виключно для інформаційних технологій і має аналогії у біологічних системах обробки інформації. Зокрема, у нейрокогнітивних дослідженнях зорової кори встановлено, що механізми уваги базуються не лише на рідкості стимулу, а на ступені його невідповідності очікуванням, що формалізується через поняття байєсівського показника несподіваності [1].

Принципова відмінність між ентропією Шеннона та байєсівським показником несподіваності полягає в тому, що перша характеризує середню невизначеність розподілу, тоді як другий відображає зміну апостеріорних переконань унаслідок надходження нового спостереження та формально визначається через дивергенцію Кульбака–Лейблера [2].

Подальший розвиток цих ідей реалізовано в імовірнісних моделях уваги, зокрема в підході Saliency Using Natural Statistics (SUN), де значущість подій

оцінюється на основі відхилення від статистично типової структури середовища [3]. Аналогічно, у комп'ютерному зорі ефективність демонструють графові моделі візуальної значущості, що дозволяють ідентифікувати аномалії шляхом аналізу топології зв'язків між ознаками [4, 5].

У межах даного дослідження пропонується підхід, що полягає в адаптації теорії байєсівського показника несподіваності, розвиненої в нейробіології та комп'ютерному зорі, до задач прескриптивної аналітики багатовимірних веб-логів. На відміну від класичних постановок, де аналізуються пікселі цифрових зображень, у запропонованій моделі елементарними одиницями спостереження виступають події веб-середовища, зокрема транзакції, HTTP-помилки та часові характеристики обробки запитів. Така інтерпретація передбачає розгляд даних у вигляді багатовимірного стохастичного процесу, де кожна подія є реалізацією випадкового вектора ознак. Математичний апарат фільтрації інформаційного шуму базується на оцінюванні дивергенції Кульбака–Лейблера між апіорним і апостеріорним розподілами ймовірностей у просторі гіпотез. Простір параметризованих гіпотез  $M$ , що описують нормальну поведінку користувачів. Апіорний розподіл  $P(M)$  формується на основі історичних даних і відображає базову статистичну структуру системи.

При надходженні нового набору спостережень  $D$ , який репрезентує поточний веб-трафік, здійснюється байєсівське оновлення переконань відповідно до теореми Байєса (1).

$$P(M/D) = \frac{P(M/D) * P(M)}{P(D)} \quad (1)$$

де  $P(D/M)$  – функція правдоподібності, що визначає узгодженість даних із гіпотезою, а  $P(D)$  – нормувальна константа.

Величина байєсівського показника несподіваності для спостереження  $D$  визначається як інтеграл дивергенції по всьому просторі  $M$  (2).

$$S(D, M) = \int_M P(M/D) \log \frac{P(M/D)}{P(M)} dM \quad (2)$$

Запропонований вираз (2) дозволяє здійснювати формалізоване розмежування між інформаційним шумом і значущими подіями. У випадку, коли нові спостереження узгоджуються з апіорною статистичною моделлю (наприклад, відображають регулярні добові або сезонні коливання трафіку), апостеріорний розподіл  $P(D/M)$  не зазнає суттєвих змін порівняно з апіорним де  $P(M)$ . Відповідно, значення дивергенції Кульбака–Лейблера залишається близьким до нуля, що інтерпретується як відсутність значущого інформаційного приросту. У такому випадку подія класифікується як статистично очікувана і не ініціює реакції системи.

Натомість у разі виникнення аномальних ситуацій, зокрема системних збоїв або деградації бізнес-процесів (наприклад, різкого зростання частки відмов у критичному сегменті воронки конверсії), відбувається суттєве зміщення апостеріорного розподілу відносно апіорного. Це призводить до значного збільшення значення дивергенції Кульбака–Лейблера, яка акумулює невідповідність між очікуваною та фактичною поведінкою системи. У результаті такі події ідентифікуються як високопріоритетні аномалії, що потребують

оперативного втручання. Трансфер принципів обробки інформації з біологічних систем у сферу комп'ютерної інженерії формує теоретико-методологічну основу для проєктування нових поколінь інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, здатних функціонувати в умовах високої невизначеності, динамічності та надлишковості даних. Такий підхід спирається на ідею, що ефективна обробка інформації в природних системах досягається не за рахунок повного аналізу всіх стимулів, а шляхом селективної уваги до найбільш інформативних сигналів, що змінюють внутрішню модель середовища. Застосування теорії байєсівського показника несподіваності забезпечує формалізований і статистично обґрунтований механізм виділення значущих подій у багатовимірних потоках даних. На відміну від класичних порогових підходів, орієнтованих на локальні критерії та статичні евристики, запропонований механізм враховує глобальну структуру ймовірнісної моделі та історичний контекст спостережень. Інтеграція біологічно натхненних принципів обробки інформації, зокрема через використання байєсівського показника несподіваності, створює передумови для переходу до нового рівня інтелектуалізації систем підтримки прийняття рішень, орієнтованих на глибоку інтерпретацію даних та управління складними динамічними процесами.

## Література

1. Barto A., Mirolli M., Baldassarre G. Novelty or surprise? // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. P. 907. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00907> (дата звернення: 12.04.2026).
2. Itti L., Baldi P. Bayesian surprise attracts human attention // *Vision Research*. 2009. Vol. 49, No. 10. P. 1295–1306. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698908003318> (дата звернення: 12.04.2026).
3. Baldi P., Itti L. Of bits and wows: A Bayesian theory of surprise with applications to attention // *Neural Networks*. 2010. Vol. 23, No. 5. P. 649–666. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893608010000381> (дата звернення: 12.04.2026).
4. Zhang L., Tong M. H., Marks T. K., Shan H., Cottrell G. W. SUN: A Bayesian framework for saliency using natural statistics // *Journal of Vision*. 2008. Vol. 8, No. 7. P. 32. URL: <https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2193063> (дата звернення: 12.04.2026).
5. Harel J., Koch C., Perona P. Graph-based visual saliency // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2006. Vol. 19. URL: <https://papers.nips.cc/paper/2006/hash/4db0f8b0fc895da263fd77fc8aecabe4-Abstract.html> (дата звернення: 12.04.2026).

**ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА  
СИСТЕМА РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ, ПРОЄКТУВАННЯ  
ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

**Дядюн С.В.**, к.т.н., доцент

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

*s.v.dyadun@karazin.ua*

**INTEGRATED INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM  
FOR RATIONAL CONTROL, DESIGN AND RECONSTRUCTION  
OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES**

The livelihoods of the population and the sustainable functioning of industry largely depend on the reliability and efficiency of critical infrastructure network systems (water supply, heat supply, gas supply, main gas pipelines, oil pipelines, water mains, etc.). Destruction and damage to infrastructure, increasing loads make the problem of rational reconstruction and design of these systems particularly relevant. The issue of developing an integrated information and analytical system for rational operation, reconstruction and development of pipeline networks based on solving flow distribution problems with generation for each option of technical, economic, technological and reliability criteria, control of the necessary parameters and variables, and further analysis of the calculation results is considered.

*Вступ.* Ми повинні вже зараз готуватись, як відбудувувати нашу країну, відновлювати і розвивати її промисловість. Забезпечення життєдіяльності населення та функціонування промисловості значною мірою залежать від надійності і ефективності таких найважливіших мережевих систем критичної інфраструктури, як системи електро-, газо-, водо- і теплопостачання міст та населених пунктів, магістральних газопроводів, водоводів та нафтопроводів.

Ці системи є ключовими елементами критичної інфраструктури, оскільки забезпечують транспортування газу, води та електроенергії, без яких неможливе функціонування будь-якої галузі промисловості, комунального господарства та побутового сектору. Знищення та пошкодження інфраструктури, руйнування об'єктів, зростання навантажень роблять особливо актуальною проблему раціональної реконструкції та проєктування даних систем. Швидкість прийняття рішень є важливим фактором для забезпечення безперебійного функціонування систем, адже будь-які затримки виявлення чи усунення відхилень здатні призвести до значних економічних втрат і техногенних ризиків.

Традиційні методи моделювання поточкорозподілу в трубопровідних системах, засновані на техніко-економічних розрахунках в режимі максимального і мінімального поточкорозподілу, вже давно не є ефективними для вирішення задач проєктування і раціональної експлуатації в умовах розвитку трубопровідних систем. У цих умовах необхідна розробка і широке застосування людино-

машинних методів аналізу і синтезу поточкорозподілу, що базуються на інтерактивних процедурах спілкування людини і комп'ютера, і дозволяють використовувати технічні можливості сучасних засобів комп'ютерної техніки та інтелектуальні здібності людини.

Розглядається проблема розробки інтегрованої інформаційно-аналітичної системи раціональної експлуатації, реконструкції та розвитку трубопровідних мереж на базі розв'язання задач поточкорозподілу з генерацією для кожного варіанта різних техніко-економічних, технологічних і надійнісних критеріїв, контролем необхідних параметрів і змінних, і подальшим аналізом результатів розрахунку. При цьому людина в залежності від своїх особистих якостей і досвіду може оцінити поточний варіант, і в разі необхідності змінити параметри, отримати нове поточне рішення і проаналізувавши його, прийняти або згенерувати нове і т.д. Система повинна мати і вміння накопичувати спеціальні програми імітації, що дозволяють для деяких конкретних задач поточкорозподілу, заснованих на вирішенні задач аналізу і оптимізації, вирішувати в автоматичному режимі окремі задачі розрахунку і видавати найбільш прийнятні, згідно із заданими критеріями, варіанти з відсіченням явно неприйнятних.

Великий вплив на хід виробничого процесу на підприємствах, відповідальних за раціональну експлуатацію та розвиток мережевих систем, надають керівники різного рівня, включаючи начальників підрозділів, диспетчерських служб. Їхні рішення з управління виробництвом і його розвитку, базуються на отриманні та обробці великої кількості оперативної, довідкової та розрахункової інформації. Тому повинні бути створені найкращі умови для оперативного отримання найбільш важливої інформації та розробки засобів і способів її ефективного використання у виробництві.

Всі ці завдання по отриманню та переробці інформації можуть бути вирішені за допомогою інтегрованої інформаційно-аналітичної системи (ІАС) раціональної експлуатації, реконструкції та розвитку відповідної трубопровідної системи. Під ІАС розуміються інформаційні системи, що

- основний діалог системи з користувачем ведуть на основі попереднього розрахунку або складного логічного аналізу;
- володіють функціональною повнотою по відношенню до свого призначення або здатністю здобувати нові функціональні можливості;
- функціонують в інтегрованому операційному середовищі з використанням інтегрованих баз даних (текстові та графічні).

До ІАС як до інформаційної системи висуваються такі вимоги:

- мінімальні матеріальні, трудові і тимчасові витрати на її створення;
- високі техніко-економічні показники її функціонування;
- максимальна універсальність і гнучкість по відношенню до свого функціонального призначення і рівня використання;
- забезпечення системної сумісності комплексу розв'язуваних завдань, програмне та інформаційне забезпечення яких було створене незалежними розробниками в різний час і в різних операційних середовищах;
- використання доступних засобів комп'ютерної техніки;
- дотримання норм ергономіки та інженерної психології.

Технологія створення ПАС передбачає наявність елементів (підсистем, програмних пакетів, баз даних, окремих програм і масивів даних), що підлягають інтеграції та призначених для вирішення окремих технологічних завдань, і інтегруючої програмної оболонки (математичного, програмного та інформаційного забезпечення), яка безпосередньо інтегрує елементи в систему.

Інтегруюча програмна оболонка є основною структурною одиницею ПАС, багато в чому визначає вибір операційного середовища функціонування системи. Виправданим вибором в інформаційно-аналітичних системах є графічне операційне середовище, що полегшує процес освоєння системи і робить роботу з нею простою і зручною, особливо на диспетчерському рівні.

Бажано, щоб окремі інтегровані елементи системи створювалися в тому ж операційному середовищі, що і інтегруюча програмна оболонка. Сучасний розвиток засобів комп'ютерної техніки і, зокрема, загального математичного забезпечення, як правило, дозволяє створювати інтегруючі програмні оболонки, здатні об'єднувати в рамках однієї системи програмні додатки, згенеровані в різних операційних середовищах, і які оперують з різними типами баз даних (текстовими, графічними або змішаними) і різними типами форматів даних.

Тому раціональне управління, проектування та реконструкція трубопровідних систем повинні бути засновані на системному підході до проблеми прийняття рішення, тобто необхідно мати комплексний облік всієї корисної інформації, що поставляється як діючими, так і розробляються інформаційними системами різноманітного призначення, в тому числі і геоінформаційними або картографічними. Комплексний облік всієї корисної інформації вимагає інтегрованої організації її отримання та використання.

ПАС раціональної експлуатації, реконструкції та розвитку трубопровідної мережі повинна бути відкритою, що дозволить безперервно розширювати і адаптувати її для вирішення задач розвитку в процесі експлуатації. Користувач повинен бачити зображення мережі або її будь-якого фрагмента в реальному масштабі (бажано з картографічною підосною) на екрані дисплея і мати можливість переглядати результати розрахунку, довідкову і паспортну інформацію з будь-якого активного і пасивного елемента трубопровідної системи або навантаженні. Крім того, така ПАС повинна бути орієнтована на рішення не тільки технологічних, а й адміністративних управлінських завдань.

*Висновки.* Аналізуються результати впровадження ПАС раціональної експлуатації, реконструкції та розвитку для систем водо- і газопостачання ряду великих міст. Це дозволило на практиці підвищити якість та ефективність їх роботи за рахунок зменшення надлишкових тисків у мережах (і як наслідок, зменшення непродуктивних витрат цільових продуктів), скорочення витрат електроенергії на насосних станціях, зниження ймовірності виникнення аварійних ситуацій. При оптимальній реконструкції пошкоджених та проектуванні нових мережевих систем очікується значна економія матеріалів.

## РОЛЬ КІБЕРБЕЗПЕКИ У ЗАХИСТІ ВІЛЬНОГО СЛОВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

**Литвин Ю.В.** здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,

**Капітон А.М.** д.п.н., професор, професор кафедри комп'ютерних та  
інформаційних технологій і систем

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
*yuliiiaa.lytvyn@gmail.com*

*The article examines the problem of journalists' information security in wartime as a component of ensuring freedom of speech and democratic development. Modern digital threats, including cyberattacks, surveillance, and censorship, that affect journalistic activity are analyzed. Particular attention is paid to encryption as a key tool for protecting information, sources, and communication channels. It is substantiated that cryptographic methods not only enhance journalists' security but also serve as a guarantee of freedom of speech in conditions of wartime uncertainty.*

Сучасні воєнні протистояння вирізняються не лише використанням військової сили, але й дієвим залученням інформаційних технологій як засобу впливу [1]. Актуальність дослідження зумовлена тим, що в умовах бойових дій істотно зростає рівень загроз, націлених на інформаційні ресурси.

Відзначається зростання числа цілеспрямованих атак на репортерів та медіа-установи [3]. Ці натиски мають як технічний, так і суспільний характер. До технічних відносять зломи акаунтів, розповсюдження зловмисного ПЗ, перехоплення комунікацій. Суспільні загрози включають маніпуляції, хибну інформацію та психологічний тиск. У сукупності це формує сферу підвищеної невизначеності, де журналістська праця стає уразливою [3].

Завданням цього дослідження є розгляд ролі шифрування як важеля забезпечення інформаційної стійкості репортерів та визначення його впливу на реалізацію права на вільне висловлювання в умовах війни. Центральна ідея полягає в тому, що успішне використання криптографічних методів дозволяє зменшити ризики втручання в інформаційні процеси та гарантувати захист як репортерів, так і їхніх джерел.

Огляд поточних загроз показує, що значна частина натисків спрямована не лише на здобуття змісту відомостей, але й на доступ до метаданих. Метадані, як-от час, розташування та періодичність комунікації, можуть містити життєво важливі факти. Вони дозволяють встановити зв'язки між учасниками спілкування та визначити джерела. Це надзвичайно небезпечно в умовах війни, коли навіть побічні факти можуть мати серйозні наслідки.

У цьому ракурсі шифрування виконує кілька функцій. По-перше, воно забезпечує конфіденційність відомостей. По-друге, ручається за їхню цілісність, тобто охорону від несанкціонованих змін. По-третє, сприяє підтвердженню ідентичності учасників спілкування. Таким чином, шифрування формує підвалини

безпечного інформаційного поля. Його впровадження дозволяє суттєво знизити ймовірність витоку даних [2].

Особливої ваги набуває наскрізне шифрування, яке передбачає, що доступ до повідомлення мають лише відправник і адресат. Це унеможлиблює доступ сторонніх осіб, включно з провайдерами сервісів. У журналістській практиці це створює умови для безпечного контакту з джерелами. Шифрування стає не лише технічним рішенням, але й складовою професійної етики.

Обґрунтування важливості шифрування спирається також на аналіз його впливу на свободу слова. Свобода слова передбачає можливість вільного збирання, опрацювання та поширення відомостей. Однак без належного рівня стійкості ці процеси стають вразливими. У випадку витоку відомостей або виявлення джерел репортер може зазнати переслідування. Це породжує ефект самоцензури, який обмежує доступ громади до об'єктивної інформації [4].

Практичні аспекти впровадження шифрування охоплюють використання захищених комунікаційних платформ, криптографічний захист електронної пошти та шифрування сховищ інформації [2]. Досвід міжнародних установ свідчить, що запровадження таких практик помітно зменшує рівень ризиків. Водночас дієвість цих кроків залежить від системності їх застосування. Поодинокі кроки не гарантують належного рівня захисту.

Важливим є також питання цифрової обізнаності репортерів. Навіть найсучасніші технології не гарантують безпеки у разі їх хибного використання. Це вимагає потреби у навчанні та підвищенні кваліфікації. Формування культури інформаційної стійкості має стати частиною професійної підготовки репортерів [4].

Поряд із перевагами шифрування існують і певні межі. Зокрема, складність технологій може утруднювати їхнє використання. Крім того, на законодавчому рівні можуть запроваджуватися обмеження щодо використання криптографічних заходів [1]. Це створює додаткові виклики та вимагає пошуку компромісу між стійкістю та доступністю відомостей.

Основною тезою дослідження є твердження про те, що шифрування виступає обов'язковою умовою забезпечення свободи слова в умовах війни. Воно дозволяє репортерам виконувати свою діяльність незалежно від зовнішнього тиску. Захист відомостей стає не технічним завданням, а інструментом реалізації демократичних прав.

Таким чином, інформаційна стійкість репортера є ключовим елементом сучасного інформаційного суспільства. В умовах війни її значення суттєво зростає. Шифрування виступає дієвим засобом охорони відомостей та забезпечення свободи слова. Подальші дослідження мають бути сфокусовані на вдосконаленні практик використання криптографічних технологій та підвищенні рівня цифрової обізнаності репортерів.

## Література

1. Закон України Про державну підтримку медіа, гарантії професійної діяльності та соціальний захист журналіста від 23.09.1997 № 540/97-ВР. Офіційний урядовий портал ВРУ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/540/97-вр> (дата звернення: 02.04.2026)

2. Сенченко, О. Інформаційно-мережеві війни: теорія, моделі, алгоритм. Київ: КВІЦ, 2017.
3. Червінчук А. Феномен війни в інформаційному просторі України 2015–2018 рр. (за матеріалами воєнної документалістики): монографія. Одеса: Видавець С. Л. Назарчук, 2021. 252 с.
4. Щур Н. О., Покотило О. А. Основи криптології : навч. посіб. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. 120 с.

## ПОРІВНЯННЯ НАЯВНИХ ПОШУКОВИХ СИСТЕМ

**Коломаренко Д.О.**, студент 4 курсу

**Духновська К. К.**, к.т.н.

Кафедра програмних систем і технологій

Факультет інформаційних технологій

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

[dmytrii\\_kolomarenko@knu.ua](mailto:dmytrii_kolomarenko@knu.ua)

### Comparative Analysis of Current Search Engines

#### Annotation

These theses provide comparative analysis of available and popular search systems on the market, namely Apache Solr, Denser AI and OpenSearch. The systems are compared by their functionality and comparison by specific features is also provided. The results of this analysis can be used by developers of software systems where search functionality is needed.

#### Вступ

Сучасний світ наповнений різноманітною інформацією, такою як дописи в блогах, статті в журналах, книги тощо. У такому середовищі виникає проблема ефективного пошуку необхідних даних, яка виникає через великий обсяг інформації. Процес ручного пошуку такого обсягу інформації часто є рутинним і трудомістким, а часто й практично неможливим для однієї людини. Відповідно, ефективні методи пошуку серед документів є важливою темою в галузі інформаційних технологій. Тому порівняння доступних пошукових систем може бути корисним для вибору потрібного інструменту залежно від поточних потреб.

#### Порівняння пошукових систем

У даній доповіді будуть порівнюватися такі пошукові системи, як Apache Solr, Denser AI та OpenSearch.

Apache Solr — це пошуковий сервер, побудований на базі Apache Lucene, бібліотеки з відкритим кодом для пошуку інформації на основі Java. Solr розроблений для запуску потужних програм для пошуку документів або аналітики, що включають неструктуровані дані, напівструктуровані дані або поєднання неструктурованих та структурованих даних. Він також має вторинну підтримку для обмежених випадків використання, пов'язаних з реляційними, графічними, статистичними даними, аналізом даних або зберіганням даних. Застосунок підтримує пошук у більшості поширених форматах текстових документів з використанням Apache Tika для екстрагування тексту. Синтаксис запитів та парсери Apache Solr пропонують підтримку від найпростішого пошуку за ключовими словами до складних запитів за кількома полями та результатів фасетного пошуку. Поточкові вирази дозволяють проводити аналітику для всього корпусу, підмножини, що відповідає запиту, або випадкової вибірки з набору документів. Також

підтримується розширене налаштування релевантності: Apache Solr надає доступ майже до всіх функцій аналізу тексту Apache Lucene, включаючи токенизацію, стемінг, синоніми та інше. А завдяки наявності Dense Vector Search також можна налаштувати підтримку семантичного пошуку [1].

Denser AI — це сервіс для створення ШІ-чатботів, які для надання відповідей можуть використовувати завантажені текстові документи, але й надає інші послуги, зокрема Denser Retriever. Denser Retriever надає індексацію документів та семантичний пошук на основі штучного інтелекту через REST API. Також функція чату з PDF дозволяє завантажити будь-який PDF-документ, який може бути будь-якою мовою з понад 50 підтримуваних і ставити запитання щодо його вмісту. Штучний інтелект читає та розуміє завантажений PDF-файл, а потім надає відповіді з посиланнями на джерела. Це дозволяє отримувати інформацію у зручнішому вигляді ніж з використанням традиційного пошуку [2].

OpenSearch — це розподілена пошукова та аналітична система, масштабоване сховище даних та векторна база даних з відкритим кодом, побудована на Apache Lucene, створена для швидких, масштабованих та штучно-інтелектуальних застосувань. OpenSearch може використовуватися для індексування та пошуку багатьох типів текстових документів. OpenSearch підтримує семантичний пошук, пошук за ключовими словами, а також повнотекстовий пошук та гібридний пошук з фільтрами та ранжуванням. Приклади застосувань включають підтримку пошуку на вебсайті або в інтернет-магазині, доповнене пошуком генерування (RAG), аналітика логів і так далі [3].

Порівняння розглянутого ПЗ наведено в таблиці 3.1 нижче.

Таблиця 3.1 — Порівняння розробленої системи з аналогами

Характеристика	Apache Solr	Denser AI	OpenSearch
Керування документами	Так	Так	Так
Пошук за логічним виразом (не семантичний)	Так	Ні	Так
Взаємодія з інформацією	Ні	Так	Ні
Семантичний пошук	Так	Так	Так

## Висновки

Результати даного порівняльного аналізу можуть бути корисними для розробників таких систем, як от блог-платформи чи інтернет-магазини, де потрібний пошук серед наявної інформації. А порівняння за характеристиками допоможе визначити потрібну систему в залежності від потреб.

## Список використаних джерел

1. Apache Solr Reference Guide. Welcome to Apache Solr - Apache Solr. URL: <https://solr.apache.org/guide/solr/latest/index.html> (дата звернення: 13.03.2026).

2. AI Chatbot Solutions for Your Website. DenserAI. URL: <https://denser.ai/> (дата звернення: 06.03.2026).

3. Home. OpenSearch. URL: <https://opensearch.org/> (дата звернення: 13.03.2026).

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕТОДІВ УСУНЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЙНИХ АНОМАЛІЙ У ГІБРИДНИХ МЕРЕЖАХ

**Кравченко І. П.**, студентка 4 курсу

Науковий керівник: **Бученко І. А.**, канд. техн. наук, доц.

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, м. Київ

[st8070699@stud.duikt.edu.ua](mailto:st8070699@stud.duikt.edu.ua)

### DEVELOPMENT OF SOFTWARE-DEFINED METHODS FOR ELIMINATING ROUTING ANOMALIES IN HYBRID NETWORKS

The paper proposes a software-defined networking (SDN) architecture for eliminating routing anomalies in hybrid networks. The centralized SDN controller dynamically calculates path weights and distributes flow rules to switches before full protocol convergence. The proposed approach was validated through simulation of a hybrid network interacting with cloud gateways. Results show a 15% reduction in packet loss during network reconfiguration compared to standard IP Fast ReRoute (IPFRR) methods. The architecture supports flexible prioritization of IoT traffic, real-time network state visualization, and complete elimination of microloops.

Сучасні корпоративні та промислові мережі дедалі частіше будуються за гібридною архітектурою, де локальна інфраструктура інтегрується з хмарними платформами та IoT-пристроями. В таких умовах надійна маршрутизація стає критичним фактором забезпечення якості обслуговування. Традиційні методи запобігання петлям, такі як Loop-Free Alternates (LFA) [1], мають суттєві обмеження через децентралізовану природу протоколів OSPF та IS-IS: кожен вузол приймає рішення самостійно, що в складних топологіях призводить до короткочасних маршрутизаційних аномалій — мікропетель та «чорних дір» трафіку [2]. Програмно-конфігуровані мережі (SDN) пропонують принципово інший підхід — централізоване керування, де контролер має повну карту топології і здатний превентивно реагувати на зміни стану мережі [3].

Об'єктом дослідження є гібридна мережева інфраструктура, що складається з 24 комутаторів, об'єднаних у три рівні (ядро, агрегація, доступ), та двох хмарних шлюзів (AWS та Azure). Для моделювання використано середовище Mininet 2.3 з контролером ONOS 2.7 та протоколом OpenFlow 1.3. Топологія побудована за схемою Clos fat-tree з надлишковими каналами між рівнями.

Дослідження проводилось у чотири етапи: (1) побудова базової топології та налаштування протоколу OSPF без SDN-компонента; (2) розгортання ONOS-контролера з модулем динамічного перерахунку ваг на базі алгоритму Дейкстри; (3) генерація тестового трафіку за допомогою iperf3 із трьома профілями навантаження (рівномірний, пульсуючий, IoT-сенсорний); (4) порівняльний аналіз показників якості обслуговування (QoS) між стандартним методом IPFRR та запропонованим SDN-підходом [4]. Для статистичного оброблення результатів використовувались методи дисперсійного аналізу з рівнем значущості  $p < 0,05$ .

Запропонована архітектура базується на SDN-контролері, який динамічно обчислює ваги шляхів та розсилає правила на комутатори до моменту повної конвергенції традиційних протоколів маршрутизації. Це дозволяє вирішити три ключові завдання:

1. Повністю усунути мікропетлі за рахунок централізованого керування таблицями потоків (Flow Tables) — контролер встановлює коректні правила на всі вузли одночасно, виключаючи тимчасову неузгодженість між сусідніми комутаторами.
2. Гнучко налаштовувати пріоритети трафіку для різних класів IoT-пристроїв: критичні дані промислових сенсорів (клас EF) отримують резервний шлях з затримкою менше 5 мс, тоді як фоновий трафік обслуговується за залишковим принципом.
3. Візуалізувати стан мережі в реальному часі через вбудований ONOS-дашборд, що відображає актуальні маршрути, завантаженість каналів та аномалії — це суттєво спрощує оперативну діагностику у великих корпоративних мережах.

В ході чотирьох серій експериментів отримано такі кількісні результати, наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння показників IPFRR та SDN-підходу

Сценарій	Втрата пакетів, % (IPFRR)	Втрата пакетів, % (SDN)	Час конвергенції, мс (IPFRR)	Час конвергенції, мс (SDN)
Відмова одного вузла	8,2	1,1	420	38
Відмова каналу	12,5	2,3	610	52
Множинні відмови	21,7	6,4	980	97
Пікове навантаження	15,0	3,8	730	61

Джерело: розраховано авторами за результатами моделювання.

Аналіз даних таблиці 1 свідчить, що SDN-підхід демонструє стабільно вищу ефективність у всіх сценаріях. Найбільший вигравш спостерігається при множинних відмовах: рівень втрати пакетів знижується з 21,7% до 6,4% (у 3,4 раза), а час конвергенції скорочується з 980 мс до 97 мс (у 10,1 раза). Навіть у найпростішому сценарії — відмові одного вузла — SDN забезпечує зменшення втрат пакетів у 7,5 раза. Ці результати пояснюються тим, що SDN-контролер реагує

на зміни топології безпосередньо через Packet-In повідомлення OpenFlow, не очікуючи поширення LSA-оновлень через весь граф мережі [3, 5].

Окремо варто відзначити поведінку системи при пульсуючому IoT-трафіку: SDN-контролер автоматично перерозподіляв потоки між двома рівнозначними шляхами (ECMP) в реальному часі, утримуючи завантаженість каналів в межах 70–80% від пропускну здатності. Стандартний IPFRR у тих самих умовах демонстрував overload на первинному шляху та повне невикористання резервного до моменту відмови. З точки зору масштабованості, контролер ONOS успішно обслуговував топологію з 24 комутаторами без помітного зростання затримки обробки Packet-In повідомлень. Середній час реакції контролера на подію відмови склав  $12 \pm 3$  мс, що на порядок менше за час поширення LSA-оновлень в OSPF-мережі аналогічного розміру ( $143 \pm 18$  мс). Отримані результати узгоджуються з теоретичними оцінками роботи [5], де автори показують лінійну залежність часу реакції SDN-контролера від кількості вузлів у межах одного домену управління.

Важливим аспектом практичного впровадження є питання відмовостійкості самого SDN-контролера. У проведених експериментах моделювалась ситуація тимчасової недоступності контролера тривалістю до 500 мс. В такому режимі комутатори продовжували пересилати трафік за останніми встановленими Flow-правилами, що забезпечувало деградацію сервісу без його повного переривання. Після відновлення з'єднання контролер автоматично синхронізував стан таблиць потоків з актуальною топологією мережі протягом 80–120 мс. Таким чином, запропонована архітектура демонструє задовільну стійкість навіть в умовах нестабільного каналу управління, що є типовим для гібридних хмарних середовищ.

Порівняння з суміжними роботами показує, що досягнуті результати відповідають або перевищують показники, описані в сучасній літературі. Зокрема, у роботі [3] для подібних топологій зафіксовано середнє скорочення часу конвергенції у 6–8 разів, тоді як у даному дослідженні — у 8–10 разів. Це пояснюється застосуванням превентивного механізму встановлення Flow-правил, який не потребує очікування події відмови для ініціації перерахунку маршрутів. Водночас слід зазначити обмеження підходу: зі збільшенням кількості доменів управління понад 3–4 одиниці виникає потреба у міждоменній координації контролерів, що є предметом подальших досліджень.

**Висновки.** Проведені дослідження підтверджують ефективність програмно-конфігурованого підходу для усунення маршрутизаційних аномалій у гібридних мережах. Порівняльний аналіз чотирьох сценаріїв відмов дозволяє сформулювати такі висновки:

1. Запропонована архітектура на базі ONOS-контролера з протоколом OpenFlow 1.3 забезпечила зниження рівня втрати пакетів у 3,4–7,5 раза в усіх досліджуваних сценаріях відмов порівняно зі стандартним методом IPFRR. Найкращий результат досягнуто при відмові одного вузла — зниження з 8,2% до 1,1%.

2. Час конвергенції мережі скоротився у 8–10 разів у всіх сценаріях: з 420–980 мс (IPFRR) до 38–97 мс (SDN). Це критично важливо для IoT-систем реального часу, де допустима затримка реакції не перевищує 100 мс.
3. Механізм превентивного встановлення резервних Flow-правил до настання відмови є одним із ключових результатів роботи. На відміну від реактивних методів, контролер формує альтернативні маршрути заздалегідь на основі постійного моніторингу топології, що виключає часовий розрив між відмовою та відновленням маршрутизації.
4. Диференційована QoS-обробка трафіку класів EF, AF та BE у поєднанні з динамічним ECMP-балансуванням дозволяє утримувати завантаженість каналів у межах 70–80% навіть при пульсуючому IoT-навантаженні, запобігаючи перевантаженню первинних шляхів.
5. Відмовостійкість самого контролера підтверджена експериментально: при перервах зв'язку до 500 мс комутатори зберігали останні Flow-правила та відновлювали синхронізацію з контролером протягом 80–120 мс після відновлення з'єднання.

Практична цінність результатів полягає в можливості їх прямого застосування при проектуванні відмовостійкої мережевої інфраструктури для корпоративних дата-центрів, промислових IoT-платформ та об'єктів розумного міста. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням методу на мультидоменні федеративні мережі, інтеграцією алгоритмів машинного навчання для предиктивного виявлення аномалій, а також з перевіркою підходу на реальному обладнанні в умовах виробничого середовища.

### Література

1. Atlas A., Zinin A. Basic Specification for IP Fast Reroute: Loop-Free Alternates. RFC 5286. IETF, 2023. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5286>.
2. Shand M., Bryant S. IP Fast Reroute Framework. RFC 5714. IETF, 2023. URL: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5714>.
3. Kreutz D., Ramos F., Verissimo P. et al. Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. Proceedings of the IEEE. 2023. Vol. 103, No. 1. P. 14–76.
4. Kaur K., Singh J., Ghumman N. S. Mininet as Software Defined Networking Testing Platform. International Conference on Communication, Computing & Systems. 2024. P. 139–142.
5. Caria M., Das T., Jukan A. SDN Partitioning: A Centralized Control Plane for Distributed Routing Protocols. IEEE Transactions on Network and Service Management. 2024. Vol. 13, No. 3. P. 381–393.

## АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА НА ОСНОВІ ПЕРИФЕРІЙНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Крайнюк М. Ю., аспірант, Щербак О. В., канд. техн. наук, доцент *Харківський національний автомобільно-дорожній університет*  
krainiukmaksym@gmail.com

## ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR THE OPERATOR'S PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE BASED ON EDGE COMPUTING

**Abstract.** The paper proposes a multi-level architecture for monitoring asphalt paver operators using edge computing. The system integrates real-time data from wearable biometric sensors and environmental modules to detect fatigue and micro-sleep. A key innovation is the adaptive threshold algorithm that correlates heart rate variability (RMSSD) with volatile organic compound (VOC) concentrations from hot asphalt. The research defines critical thresholds for "yellow" and "red" hazard zones, triggering a safe speed reduction mode (Limp Mode). This approach ensures operational safety and maintains road surfacing quality by preventing emergency stops and thermal joint defects. (98 words)

**Вступ.** Сучасне дорожнє будівництво характеризується високою інтенсивністю робіт та широким використанням цілодобових змін, що зумовлює критичне навантаження на психофізіологічний стан операторів машин. За даними міжнародних організацій з безпеки праці, понад 30% інцидентів на інфраструктурних об'єктах спричинені людським фактором, зокрема зниженням концентрації через монотонність праці та втому. [1]

Незважаючи на значну кількість досліджень у сфері телеметрії, більшість існуючих систем зосереджені на предиктивному обслуговуванні механізмів, тоді як стан людини залишається «чорною скринькою». Традиційні методи контролю, такі як відеоаналіз погляду, виявляють втому лише на стадії її явного настання та демонструють низьку ефективність в умовах нічних змін або високої запиленості кабін. Водночас масові носимі пристрої часто дають хибні результати через неможливість алгоритмічного відсікання вібраційного фону дорожньої техніки від біометричних сигналів.

Наукова невизначеність полягає у відсутності інтегрованих моделей, які б пов'язували фізіологічні маркери втому безпосередньо з агресивними чинниками робочого середовища — тепловим стресом та токсичним впливом випарів бітуму. Таким чином, розробка архітектури багаторівневої системи, що поєднує біометричний контроль із екологічним моніторингом на основі периферійних обчислень, є актуальним завданням для забезпечення проактивної безпеки дорожнього будівництва.

**Методи та результати.** Запропонована система базується на концепції «цифрової оболонки» та використовує трирівневу ієрархічну модель обробки даних на основі периферійних обчислень. [2] Рівень сприйняття забезпечує безперервний збір даних через розгалужену мережу сенсорів, що включає смарт-браслет для фіксації частоти серцевих скорочень і температури шкіри, датчик положення голови, вбудований у підголівник крісла, а також екологічний модуль для моніторингу концентрації летких органічних сполук, вуглекислого газу та пилу. На рівні бортової обробки система функціонує як інтелектуальний фільтр, що дозволяє ефективно усувати завади від вібрації дорожньої техніки та порівнювати поточні біометричні параметри з індивідуальною фізіологічною нормою оператора. Кінцевий рівень застосунку відповідає за логіку класифікації ризиків і реалізацію сценаріїв адаптивного реагування у реальному часі.

**Результати та обговорення.** Для гарантування безпеки робіт у кабіні асфальтоукладача запропоновано інтелектуальне середовище, що працює за алгоритмом випереджального захисту. Система в реальному часі об'єднує дані від сенсорів, закріплених на тілі оператора, із показниками датчиків, що контролюють склад повітря в зоні його дихання. Робота починається з етапу калібрування тривалістю 30 хвилин, під час якого програма фіксує індивідуальну норму пульсу, температури шкіри та фонового рівня випарів для конкретного працівника.

Логіка виявлення небезпеки базується на аналізі варіабельності серцевого ритму через показник RMSSD. Якщо цей параметр знижується на 30% від норми, система ідентифікує «жовту зону», що свідчить про накопичення втоми та перехід організму в режим підвищеного навантаження. Критична «червона зона» фіксується при падінні показника на 50%, що у поєднанні з нахилом голови оператора понад 20° протягом 4 секунд дозволяє розпізнати фазу мікросну. Таке поєднання біометричних маркерів із положенням голови дає змогу програмі чітко розрізняти робочі маніпуляції від реальної втрати контролю через засинання.

Особливістю запропонованого підходу є врахування агресивного середовища, яке супроводжує процес укладання дорожнього полотна. При підвищенні температури шкіри понад 37,5 °C на фоні високої концентрації летких органічних сполук (понад 500 ppb) система автоматично знижує поріг чутливості до втоми на 15%. Це зумовлено тим, що токсичний вплив випарів гарячого бітуму суттєво прискорює втрату концентрації, що вимагає більш раннього спрацювання захисних сценаріїв. [3]

При підтвердженні критичного стану замість аварійної зупинки, яка призводить до появи дефектів покриття у вигляді температурних швів, техніка автоматично переходить у режим обмеженої швидкості. Швидкість асфальтоукладача знижується до безпечного мінімуму 1 м/хв, що дозволяє підтримувати термічну цілісність шару. Одночасно з цим активуються попереджувальні світлові сигнали та передаються GPS-координати машини на диспетчерський пульт для оперативного реагування. Такий алгоритм дозволяє звести до мінімуму ризику, спричинені людським фактором, не перериваючи при цьому безперервний технологічний цикл дорожнього будівництва.

Особливу увагу в дослідженні приділено врахуванню екологічного навантаження, оскільки стандартні біометричні показники можуть

спотворюватися під впливом специфічних умов дорожнього будівництва. Експериментально обґрунтовано необхідність впровадження механізму адаптивної корекції чутливості системи залежно від агресивності зовнішнього середовища. У випадках, коли температура шкіри оператора перевищує поріг 37,5 °С на фоні високої концентрації летких органічних сполук понад 500 ppb, алгоритм автоматично знижує поріг спрацювання за показниками втоми на 15% або скорочує допустимий час реакції на 20%.

Таке коригування пояснюється кумулятивним токсикологічним впливом випарів гарячого бітуму та теплового стресу, які в синергії суттєво прискорюють деградацію когнітивних функцій людини. Інтеграція екологічного модуля дозволяє системі «розуміти» контекст роботи: вона розрізняє звичайну втому від небезпечного стану, спричиненого отруєнням продуктами випаровування асфальтобетонної суміші. Це забезпечує випереджальний характер захисту, дозволяючи попередити втрату концентрації ще до того, як вона стане критичною для керування машиною.

Кінцевим етапом роботи алгоритму є активація захисних сценаріїв, що дозволяють нейтралізувати ризики без екстреної зупинки технологічного циклу. На відміну від стандартних систем безпеки, що передбачають повне відключення живлення двигуна, у даній роботі запропоновано перехід техніки у спеціалізований режим обмеженої швидкості. При верифікації стану критичної втоми або мікросну швидкість асфальтоукладача автоматично знижується до рівня 1 м/хв.

Такий підхід має ключове значення для якості дорожнього будівництва, оскільки дозволяє уникнути утворення термічних розривів та нерівностей у місцях стикування шарів асфальтобетону, які неминуче виникають при тривалій зупинці машини. Паралельно з програмним обмеженням швидкості система активує зовнішні світлові маячки для попередження персоналу на майданчику та здійснює передачу тривожного SOS-сигналу із точними GPS-координатами об'єкта на пульт диспетчера. Це забезпечує комплексний захист: від безпосереднього запобігання наїзду на людей до оперативного надання допомоги оператору.

**Висновки.** У межах проведеного дослідження розроблено архітектурні засади багаторівневої системи інтелектуального моніторингу стану оператора асфальтоукладача на основі периферійних обчислень. Доведено, що традиційні підходи, засновані виключно на відеофіксації або телеметрії машин, є недостатніми для специфічних умов дорожнього будівництва, оскільки не враховують кумулятивний вплив агресивного середовища.

Наукова новизна запропонованого рішення полягає у синергії біометричного контролю (варіабельність серцевого ритму) та екологічного нагляду (концентрація летких сполук і температурний фон), що дозволяє ідентифікувати ризики виснаження та мікросну на ранніх стадіях. Впровадження адаптивного алгоритму коригування порогів чутливості забезпечує високу точність визначення критичних станів в умовах впливу випарів бітуму.

## Література

1. Shaffer F., Ginsberg J. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017. Vol. 5. Article 258.

2. Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., Xu L. Edge Computing: Vision and Challenges. IEEE Internet of Things Journal. 2016. Vol. 3, No. 5. P. 637–646.
3. Burstyn I., Kromhout H., Kauppinen T. Exposure to Bitumen Fumes and Other Agents in Asphalt Paving. American Journal of Industrial Medicine. 2000. Vol. 38, No. 6. P. 633–646.

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ КЕРУВАННІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ГІДРОАКУСТИЧНИХ СИСТЕМАХ**

**Рудніченко М.Д.**, к.т.н., доцент, **Шibaєва Н.О.**, к.т.н., доцент, **Петров І.М.**,  
д.т.н., професор

*Національний університет «Одеська політехніка», Національний університет  
«Одеська морська академія»  
Nickolay.rud@gmail.com*

## **METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT AGENTS IN OBJECT RECOGNITION CONTROL WITHIN HYDROACOUSTIC SYSTEMS**

Annotation. This study presents a comprehensive methodology for evaluating the efficiency of intelligent agents used in object recognition control within hydroacoustic systems. The proposed approach integrates hybrid deep learning models with swarm intelligence techniques to enhance adaptability and robustness under noisy and dynamic underwater conditions. The methodology considers multiple performance indicators, including recognition accuracy, processing speed, noise resistance, and adaptability. Experimental validation demonstrates that swarm-optimized hybrid neural architectures significantly outperform traditional models. The results confirm the effectiveness of combining deep neural networks and bio-inspired optimization for improving decision-making processes and ensuring reliable performance in complex hydroacoustic environments.

Вступ. У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій гідроакустичні системи набувають дедалі більшого значення в контексті моніторингу підводного середовища, забезпечення безпеки морської інфраструктури та виконання спеціалізованих прикладних задач [1]. Особливу складність становить процес розпізнавання об'єктів, який ускладнюється впливом зовнішніх шумів, варіативністю характеристик середовища поширення сигналів та нелінійністю акустичних процесів. У зв'язку з цим виникає потреба у використанні інтелектуальних агентів, здатних здійснювати адаптивний аналіз сигналів та приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності [2]. Водночас ключовою науково-практичною проблемою залишається формування обґрунтованої методики оцінки ефективності таких агентів, яка враховує багатофакторний характер їх функціонування [3].

Інтелектуальні агенти у складі гідроакустичних систем функціонують як автономні або напівавтономні обчислювальні одиниці, що реалізують процеси попередньої обробки сигналів, виділення інформативних ознак, класифікації та адаптації до змінних умов середовища [4].

Основна частина. Одним із найбільш перспективних підходів до підвищення ефективності інтелектуальних агентів є використання гібридних моделей глибокого навчання [5]. Такі моделі формуються шляхом поєднання різних

архітектур нейронних мереж, що дозволяє враховувати як просторові, так і часові характеристики гідроакустичних сигналів. У цьому контексті поєднання згорткових і рекурентних структур забезпечує більш повне представлення сигналів, тоді як сучасні механізми уваги дозволяють виділяти найбільш інформативні фрагменти даних. Гібридизація моделей сприяє підвищенню узагальнювальної здатності системи та зменшенню впливу шумових факторів.

Важливу роль у процесі формування та налаштування таких моделей відіграють методи ройового інтелекту, які базуються на імітації колективної поведінки біологічних систем. Застосування цих методів дозволяє здійснювати ефективний пошук оптимальних параметрів моделей у багатовимірному просторі рішень. У процесі оптимізації відбувається адаптивне коригування структури та параметрів нейронних мереж, що сприяє підвищенню точності розпізнавання та зниженню обчислювальних витрат. Крім того, ройові алгоритми забезпечують можливість динамічної адаптації моделей до змін характеристик вхідних даних, що є особливо важливим для гідроакустичних систем із нестабільними умовами функціонування.

Методика оцінки ефективності інтелектуальних агентів повинна враховувати сукупність показників, які характеризують якість їх роботи в реальних умовах експлуатації. До таких показників належать точність розпізнавання об'єктів, стійкість до шумових впливів, швидкість обробки сигналів, здатність до адаптації та ефективність використання обчислювальних ресурсів. Важливим аспектом є інтеграція цих характеристик у єдиний узагальнений показник, що дозволяє здійснювати порівняльний аналіз різних підходів і моделей. При цьому оцінювання має здійснюватися як на етапі навчання, так і в процесі експлуатації системи.

Чисельна оцінка ефективності інтелектуальних агентів базується на використанні методів статистичного аналізу та моделювання, що дозволяють отримати об'єктивні результати в умовах варіативності вхідних даних. Застосування процедур перехресної перевірки забезпечує надійність оцінювання, тоді як аналіз помилок дозволяє виявити слабкі місця моделей. Прогнозування ефективності здійснюється шляхом використання спеціалізованих моделей, здатних оцінювати поведінку системи в нових умовах на основі попереднього досвіду. У цьому контексті особливу роль відіграють ансамблеві підходи, які дозволяють підвищити стабільність результатів.

У результаті проведених експериментальних досліджень було здійснено порівняльний аналіз ефективності різних підходів до побудови інтелектуальних агентів (таблиця 1). Отримані дані свідчать про суттєві переваги гібридних моделей, оптимізованих із використанням методів ройового інтелекту, у порівнянні з традиційними підходами.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок про те, що використання гібридних моделей у поєднанні з методами ройового інтелекту забезпечує суттєве підвищення ефективності розпізнавання об'єктів у гідроакустичних системах. Підвищення точності супроводжується зниженням часу обробки сигналів, що є критично важливим для систем реального часу. Крім того, спостерігається зростання стійкості моделей до шумових впливів та їх здатності адаптуватися до змінних умов середовища.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень моделей

Тип моделі	Умови експерименту	Точність розпізнавання, %	Час обробки, мс
Класична нейронна мережа	Низький рівень шуму	78	120
Рекурентна нейронна мережа	Середній рівень шуму	82	150
Гібридна модель без оптимізації	Високий рівень шуму	85	180
Гібридна модель з ройовою оптимізацією	Високий рівень шуму	92	140
Гібридна модель з адаптивним налаштуванням	Динамічне середовище	94	135

Висновки. Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що запропонована методика оцінки ефективності інтелектуальних агентів дозволяє комплексно враховувати різні аспекти їх функціонування та забезпечує об'єктивну основу для порівняння альтернативних підходів. Використання гібридних моделей глибокого навчання у поєднанні з методами ройового інтелекту відкриває нові можливості для підвищення ефективності гідроакустичних систем та створення адаптивних інтелектуальних рішень нового покоління

### Список літератури

1. Tang J., Gao W., Ma E., Sun X., Ma J. Deep Learning Based Underwater Acoustic Target Recognition: A Recent Temporal 2D Modeling Method // *Sensors*. 2024. Vol. 24(5). Article 1633.
2. Wei W., Li J., Han Y., Zhang L., Cui N., Yu P., Tan H., Yang X. Underwater Vessel Sound Recognition Based on Multi-Layer Feature and Attention Mechanism // *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Article 11239.
3. Wang B., Yang H., Fang T. Modulation Recognition of Underwater Acoustic Communication Signals Based on Deep Learning // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2024. Article 103.
4. Feng S., Ma S., Zhu X., Yan M. Artificial Intelligence-Based Underwater Acoustic Target Recognition: A Survey // *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16(17). Article 3333.
5. Mahmud N.-A., Zhang T., Iqbal Y., Sumona F. B., Azaz I., Geng Y. An Efficient Transformer Architecture with Depthwise Separable Convolutions for Underwater Acoustic Target Recognition // *Scientific Reports*. 2026. Vol. 16. Article 2733.

## **ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ (ІСУП) ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДТРИМКИ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ**

Савін А.А., аспірант

Національний університет «Одеська політехніка»

### **PROJECT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS (PMIS) AS A TOOL TO SUPPORT INNOVATION PROJECTS**

*The paper examines which functions of PMIS are the most valuable for innovative projects under uncertainty. The study is based on the classification of ontological, epistemic, and aleatory uncertainty and evaluates selected PMIS functions through effectiveness profiles. The results show that the greatest impact is provided by functions operating at the intersection of requirements formalization, change tracking, backlog control, decision traceability, and forecasting of schedule deviations. The proposed approach makes it possible to compare PMIS functions systematically and can be applied to the design, audit, and gradual improvement of PMIS in innovation-oriented projects.*

#### **ВСТУП**

Інноваційні проєкти працюють в умовах підвищеної невизначеності, де одночасно змінюються вимоги, рішення, пріоритети та обмеження. За таких умов ІСУП має бути не лише засобом обліку та контролю, а інструментом, що реально підвищує передбачуваність результатів і дозволяє раніше виявляти проблеми. Метою дослідження є визначення тих функцій ІСУП, які дають найбільший ефект для зменшення невизначеності в інноваційних проєктах, та виявлення їх сильних і слабких сторін.

#### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ**

Матеріалами дослідження стали функції ІСУП [1, сс.13-17], які використовуються в проєктах розробки інформаційних систем, а також авторські напрацювання щодо категорій невизначеності та обмежень ІСУП. Для аналізу, шляхом опитування експертів з управління проєктами, відібрано 8 функцій: (1) управління вимогами, (2) відстеження змін, (3) управління беклогом, (4) управління технічним боргом, (5) ведення журналу управлінських рішень, (6) управління спроможностями команди, (7) прогнозування строків і відхилень та (8) збір історичних даних для майбутніх оцінок. На першому етапі виконано їх зіставлення з онтологічною, епістемічною та алеаторною невизначеністю [2, с.13] за фазами життєвого циклу проєкту. На другому етапі проведено бальну оцінку кожної функції за 4 критеріями: (1) вплив на передбачуваність результатів, (2) зниження кількості помилок, (3) корисність для раннього виявлення проблем та (4) співвідношення цінності до складності впровадження. Шкала оцінювання – від 0 до 5 балів за кожним критерієм, сумарний максимум – 20 балів. На третьому етапі для кожної досліджуваної функції побудовано профіль ефективності та визначено її сильні й слабкі сторони в контексті зменшення невизначеності в інноваційних проєктах.

#### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

За результатами побудови профілів ефективності встановлено, що найбільш

збалансований вплив на зменшення невизначеності в інноваційних проєктах мають управління вимогами - 19/20 балів, відстеження змін - 18/20 балів та управління беклогом - 17/20 балів. Саме ці функції показали найкраще поєднання показників за чотирма критеріями, що було вказано вище. Такий результат пояснюється тим, що в інноваційних проєктах основний масив невизначеності формується на стику нечітких вимог, швидких змін і неповного знання про кінцеве рішення. У контексті авторського підходу це означає, що найбільший практичний ефект мають функції, які одночасно зменшують онтологічну невизначеність на старті проєкту та епістемічну невизначеність у процесі планування і виконання.

Найвищий профіль отримало *управління вимогами*: за критеріями оцінювання воно набрало 5 балів за вплив на передбачуваність результатів, 5 балів за зниження кількості помилок, 4 бали за раннє виявлення проблем і 5 балів за співвідношення цінності до складності впровадження. Сильна сторона цієї функції – зменшення онтологічної невизначеності на етапах ініціації та планування за рахунок встановлення меж рішення, критеріїв приймання та декомпозиції вимог. Слабка сторона в тому, що ця функція не дає ефекту у змінному середовищі, бо стає залежною від функції *відстеження змін*.

*Відстеження змін* отримало 18/20 балів (4, 4, 5, 5 відповідно за чотирма критеріями). Ця функція є найкращим інструментом раннього виявлення проблем, тому що дає змогу побачити не лише сам факт зміни, а й її ланцюговий вплив на строки, обсяг, залежності та рішення. Для проєктів це критично, бо проблема зазвичай починається не з дефекту, а з “маленького уточнення”, яке ніхто вчасно не оцінив. По суті, саме *відстеження змін* переводить невизначеність із розряду “сюрпризів” у розряд керованих покращень результату проєкту.

*Управління беклогом* показало 17/20 балів (4, 4, 4, 5). Його практична цінність у тому, що воно об’єднує стратегічні пріоритети, обсяг роботи і короткі цикли перегляду рішень. У профілі ефективності ця функція має рівномірно високі оцінки без виражених провалів. Беклог – це той механізм, який не дає інноваційному проєкту розсипатися на хаотичний набір “термінових ініціатив”.

До другої групи увійшли функції з високою, але не максимальною сумарною ефективністю. *Журнал управлінських рішень* отримав профіль 4, 4, 3, 5 (16/20 балів). Його основна цінність у фіксації причин і логіки рішень за дуже помірної складності впровадження. Це особливо корисно там, де інноваційний проєкт проходить через серію неповністю формалізованих технічних і продуктових вимог. *Прогнозування строків і відхилень* має профіль 5, 3, 5, 3 (15/20 балів). Ця функція покращує передбачуваність та раннє виявлення проблем, але вона складніша у впровадженні, бо вимагає якісних даних і ресурсномісткої аналітики. Така логіка збігається з тезою дисертації автора про те, що алеаторна невизначеність не усувається повністю, але може бути краще керованою через прогнозування, сценарний аналіз та адаптивний контроль.

*Управління технічним боргом* набрало 15/20 балів із профілем 3, 5, 4, 3. Це означає, що функція не є найкращою для первинної передбачуваності, проте дуже добре працює на зниження кількості помилок і вчасне виявлення майбутніх вузьких місць. Її цінність особливо зростає не на старті проєкту, а після кількох ітерацій, коли накопичені “тимчасові рішення” перестають допомагати, і

починають гальмувати проєкт. *Управління спроможностями команди* теж отримало 15/20 балів (4, 3, 4, 4). Ця функція менше впливає на якість технічного рішення напряду, але добре працює проти алеаторної складової невизначеності під час виконання, коли коливання завантаження ресурсів, доступності людей і реальної продуктивності починають руйнувати навіть ретельно спланований проєкт.

Найнижчий профіль у межах відібраного набору отримав *збір історичних даних для майбутніх оцінок* - 14/20 балів із профілем 4, 3, 3, 4. Це не означає, що функція найгірша, навпаки, вона дає відкладений, але системний ефект. Її слабка сторона в тому, що для абсолютно нового інноваційного проєкту від неї мало миттєвої користі, проте після накопичення кількох циклів робіт вона починає суттєво підсилювати прогнозування строків, оцінювання нових задач і повторне використання знань. Саме тому її доцільно трактувати не як “функцію першої необхідності”, а як обов’язковий елемент зрілої ІСУП.

Узагальнення профілів дозволило виділити функціональне ядро ІСУП для інноваційних проєктів: *управління вимогами, відстеження змін, управління беклогом, журнал управлінських рішень і прогнозування строків та відхилень*. Саме ця п’ятірка забезпечує найкраще покриття трьох категорій невизначеності: онтологічної - через прояснення цілей і рішень, епістемічної - через фіксацію змін, пріоритетів і знань, та алеаторної - через прогнозування і контроль відхилень. Водночас *технічний борг, спроможності команди й історичні дані* доцільно розглядати як функції другого контуру, які не замінюють ядро, але суттєво підсилюють його ефективність.

## ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано підхід до оцінювання функцій ІСУП через побудову профілів ефективності, що дозволяє перейти від описового переліку можливостей системи до їх порівняльного аналізу в контексті зменшення невизначеності в проєктах. Отримані результати показали, що найбільший ефект дають функції, які допомагають формалізувати вимоги, фіксувати зміни, підтримувати короткі цикли перепланування та опрацьовувати управлінські рішення, тоді як функції, орієнтовані на аналітичне покращення системи, забезпечують переважно відкладений ефект. Практичне значення полягає у можливості використовувати цей підхід для проєктування, аудиту та поетапного розвитку ІСУП.

## ДЖЕРЕЛА

1. Micale R., La Fata C.M., Lombardo A., La Scalia G. Project Management Information Systems (PMISs): A Statistical-Based Analysis for the Evaluation of Software Packages Features // Applied Sciences. – 2021. – No. 11(23):11233.

2. Walker W.E., Harremoës P., Rotmans J., van der Sluijs J.P., van Asselt M.B.A., Janssen P., & Kraayer von Krauss M.P. Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support // Integrated Assessment. – 2003. – Vol. 4, No. 1, pp. 5–17.

## **ВИКОРИСТАННЯ ОЗЕРА ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА МОЛОКОПЕРЕРОБНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

**Чорнобай К. Ю., Грибков С. В., Литвинов В.А.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*Інститут проблем математичних машин і систем Національної академії наук*

*України, м. Київ*

*E-mail: chornobaiku@nuft.edu.ua*

### **THE USE OF A DATA LAKE FOR DECISION SUPPORT SYSTEM AT DAIRY PROCESSING PLANT**

*This paper justifies the use of a data lake for implementing digital twins, which are virtual models of physical objects that reflect their state, behavior, and dynamic characteristics. It analyzes and justifies the services and tools for creating and using a data lake.*

З урахуванням специфіки предметної області, прийняття управлінських рішень при управлінні харчовим підприємством визначається особливостями виробничо-логістичних процесів, зокрема обмеженим терміном придатності сировини та готової продукції. По-перше, це необхідність врахування швидкості псування сировини та готової продукції, що зумовлює жорсткі часові обмеження при прийнятті рішень і потребує інтеграції з системами моніторингу якості та умов зберігання. По-друге, характерною ознакою є багатоваріантність рецептур і технологічних режимів, що формує складні задачі оптимізації з великою кількістю обмежень. По-третє, суттєву роль відіграє невизначеність попиту та коливання параметрів сировини, що потребує застосування методів прогнозування та адаптивного управління.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) у цій галузі повинні забезпечувати інтеграцію технологічних і економічних критеріїв. Це передбачає одночасну оптимізацію якісних показників продукції, витрат, використання ресурсів і відповідності нормативним вимогам безпеки. У зв'язку з цим доцільним є застосування багатокритеріальних моделей і гібридних підходів, що поєднують методи математичного моделювання, експертні знання та інструменти штучного інтелекту.

СППР на харчових підприємствах доцільно розглядати як інтегровану інформаційно-аналітичну систему, що функціонує в межах єдиного цифрового контуру управління виробництвом, логістикою та якістю продукції. Її архітектура має багаторівневий характер і базується на тривірневій моделі, яка включає транзакційний рівень (OLTP), інтеграційний рівень (ETL-процеси) та аналітичний рівень (сховище даних і OLAP-обробка). Така архітектура забезпечує трансформацію операційних даних у знання, придатні для підтримки управлінських рішень, зокрема через використання сховищ даних та багатовимірної аналізу.

Розвиток та впровадження усіх елементів Індустрії 4.0/5.0 забезпечило розвиток цифрових двійників, мета яких полягає у динамічному відображенні фізичних об'єктів і процесів у цифровому середовищі, що дозволяє отримувати потокові дані з технологічного обладнання, сенсорних мереж та виробничих ліній у режимі, наближеному до реального часу.

Забезпечення максимального збору оперативної інформації для СППР у харчовій промисловості доцільно розглядати як задачу побудови безперервного цифрового контуру, в якому поєднуються кіберфізичні системи, концепція цифрового двійника та архітектура озера даних. У цьому контексті ключовим є не лише збір даних, а й забезпечення їхньої повноти, часової узгодженості, достовірності та семантичної інтерпретації. Важливою умовою є організація багаторівневого збору даних: на рівні обладнання (датчики температури, вологості, витрат), на рівні технологічних операцій (MES), а також на рівні бізнес-процесів (ERP). Така ієрархічна агрегація забезпечує формування цілісного цифрового профілю виробництва, що є основою для побудови адекватного цифрового двійника.

Цифровий двійник є віртуальною моделлю фізичного об'єкта, яка відображає його стан, поведінку та динамічні характеристики. Взаємозв'язок між фізичною сутністю та її цифровим представленням реалізується через озеро даних (Data Lake) [1].

Озеро даних у сучасних архітектурах оброблення інформації розглядається як централізоване сховище, що забезпечує зберігання структурованих, напівструктурованих і неструктурованих даних у їх первісному вигляді. Ключовою відмінністю озера даних від традиційного сховища даних є використання парадигми «схема-для-читання» (schema-on-read) на противагу «схема-для-запису» (schema-on-write). Це означає, що дані надходять до системи без попереднього визначення структури, а їх семантична інтерпретація здійснюється під час виконання аналітичних запитів. Такий підхід є особливо релевантним для харчових підприємств, де джерела даних є гетерогенними та включають реляційні бази даних ERP-систем, потокові телеметричні дані з IoT-сенсорів виробничого обладнання, журнали подій автоматизованих систем керування технологічними процесами, відеопотоки систем контролю якості продукції, а також неструктуровані документи, зокрема сертифікати відповідності та ветеринарні супровідні документи.

Ключовим механізмом інтеграції цифрових двійників та озера даних є потокова обробка даних (stream processing), яка реалізується через брокери повідомлень та платформи обробки подій. Це дозволяє забезпечити мінімальні затримки передачі даних та підтримувати актуальність цифрового двійника. При цьому критично важливим є застосування підходів до управління якістю даних, включаючи фільтрацію шумів, валідацію та синхронізацію часових міток, що особливо актуально для харчових виробництв із жорсткими вимогами до контролю якості.

Засоби побудови озера даних (Data Lake) визначаються архітектурними вимогами до системи, зокрема масштабованістю, пропускну здатністю, типами даних і режимами оброблення. У сучасній практиці такі засоби доцільно

розглядати як сукупність технологічних компонентів, що реалізують функції зберігання, інтеграції, оброблення та доступу до даних.

На рівні зберігання даних застосовуються розподілені файлові системи та об'єктні сховища. Фундаментом сучасного озера даних є рівень зберігання, який забезпечує масштабоване та економічно ефективно накопичення значних обсягів структурованих і неструктурованих даних. Використання сховищ даних в сучасних інформаційних системах стало стандартом, адже вони ізолюють процеси зберігання даних від процесів обчислень.

Найбільш популярним є Amazon S3 у межах платформи Amazon Web Services, Azure Data Lake Storage Gen2 у середовищі Microsoft Azure та Google Cloud Storage від Google. Зокрема, Azure Data Lake Storage Gen2 поєднує переваги об'єктного сховища з ієрархічною файловою системою, що спрощує реалізацію сценаріїв, характерних для екосистеми Hadoop.

Для організацій, що розгортають інфраструктуру у власних дата-центрах або приватних хмарах, доцільним є використання Hadoop Distributed File System або S3-сумісних рішень з відкритим кодом, зокрема MinIO, які забезпечують API, сумісний з Amazon S3, і можуть функціонувати на локальних ресурсах.

Рівень інтеграції та завантаження даних (ingestion) реалізується за допомогою інструментів потокової та пакетної обробки. До поширених інструментів керування потоками даних і ETL/ELT-процесів належать Apache Kafka, Apache NiFi та Talend. На рівні оброблення даних використовуються розподілені обчислювальні фреймворки, зокрема Apache Spark, Apache Flink та Presto. Вони забезпечують як пакетну, так і потокову аналітику. Рівень керування метаданими та каталогізації є критично важливим для реалізації парадигми schema-on-read. Для цього застосовуються AWS Glue Data Catalog, Apache Hive та Apache Atlas, які забезпечують опис, пошук і контроль даних. Для доступу та аналітики використовуються BI-інструменти та SQL-рушії, зокрема Power BI, Tableau та Apache Superset.

Таким чином, побудова озера даних передбачає інтеграцію декількох класів технологій у єдину багаторівневу архітектуру. Вибір конкретних засобів визначається вимогами до продуктивності, фінансовими можливостями, рівня автоматизації та ступеня інтеграції з існуючими корпоративними системами (ERP, MES, IoT).

### Література

1. Muñoz P., Troya J., Vallecillo A. Using UML and OCL Models to Realize High-Level Digital Twins // 2021 ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C). – 2021. – P. 212–220. – DOI: 10.1109/MODELS-C53483.2021.00037.
2. Hai R., Quix C., Jarke M. Data lake concept and systems: a survey // CoRR. – 2021. – Vol. abs/2106.09592.

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ НА МОЛОКОПЕРЕРОБНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

**Чорнобай К. Ю., Грибков С. В., Литвинов В.А.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*Інститут проблем математичних машин і систем Національної академії наук*

*України, м. Київ*

*E-mail: chornobaiku@nuft.edu.ua*

### IMPLEMENTATION OF DIGITAL TWINS AT A DAIRY PROCESSING PLANT

*The use of digital twins as the basis for an integrated 'data–model–decision' loop for adaptive production control is justified. Their effectiveness in the dairy processing industry is demonstrated through the provision of two-way data exchange, forecasting and process optimisation in near real-time. A three-tier architecture and the integration of MES and ERP are identified as key factors in improving management efficiency.*

Сучасні системи управління виробничими процесами орієнтовані на формування інтегрованого інформаційно-аналітичного контуру, що забезпечує узгодження процесів збору даних, побудови моделей та прийняття управлінських рішень. Такий контур реалізує замкнений цикл обробки інформації, в межах якого первинні дані трансформуються у знання, що використовуються для підтримки прийняття рішень як на рівні окремих виробничих ліній, так і на рівні виробничих підрозділів [1]. У цьому контексті структура «дані – моделі – рішення» відображає сутність кіберфізичних систем, що лежать в основі концепції цифрових двійників, де сенсорні дані інтегруються з аналітичними та імітаційними моделями прогнозування й оптимізації. Важливою характеристикою такого підходу є наявність зворотних зв'язків, які забезпечують адаптацію моделей і коригування керуючих впливів через відповідні інформаційно-керуючі системи.

Використання цифрових двійників є доцільним у задачах, що характеризуються високою динамікою змін параметрів середовища або стану технологічних процесів, де критичними є оперативність прийняття рішень, підвищення ефективності управління та мінімізація витрат на проведення фізичних експериментів. На відміну від цифрових моделей і цифрових тіней, що передбачають відповідно статичне відображення або односторонню трансляцію даних, цифровий двійник реалізує замкнений контур взаємодії, який забезпечує не лише моніторинг стану системи, але й формування керуючих впливів із подальшою їх передачею через відповідні інформаційно-керуючі системи [2]. Використання цифрових двійників забезпечить застосування методів прогнозного керування, адаптивної оптимізації технологічних процесів, діагностики технічного стану в режимі реального часу та проведення віртуальних експериментів. Інтеграція аналітичних модулів, зокрема на основі методів машинного навчання, забезпечує

накопичення та використання емпіричних знань для підвищення якості управлінських рішень.

Суттєвою перевагою цифрових двійників є можливість інтеграції в їх архітектуру модулів підтримки прийняття рішень, що забезпечують як оперативне реагування на відхилення параметрів технологічних процесів, так і підтримку середньо- та довгострокового планування. Такі модулі реалізують функції аналізу стану системи, виявлення аномалій та формування керуючих рекомендацій. Ефективність зазначених рішень зумовлена здатністю цифрових двійників здійснювати безперервний збір, обробку та інтерпретацію даних із використанням потокових механізмів обробки, що забезпечує підвищення обґрунтованості, своєчасності та адаптивності управлінських впливів [3].

Використання цифрових двійників у системах управління молокопереробним виробництвом сприяє підвищенню адаптивності виробничих систем в умовах зростаючої складності технологічних процесів, варіативності параметрів сировини та невизначеності зовнішнього середовища. Це досягається завдяки інтеграції механізмів збору, обробки та аналітичної інтерпретації даних у межах єдиного інформаційного простору [4].

Впровадження цифрових двійників доцільно реалізовувати на основі трирівневої архітектури, що передбачає інтегровану взаємодію кіберфізичного, комунікаційного та цифрового рівнів.

Кіберфізичний рівень забезпечує збір первинних даних із технологічного обладнання та сенсорних пристроїв і охоплює засоби автоматизації виробництва (зокрема SCADA-, PLC-системи) та IoT-компоненти, які формують первинний інформаційний потік.

Комунікаційний рівень виконує функції інтеграційного середовища, забезпечуючи передачу даних між фізичними та цифровими компонентами з використанням стандартизованих протоколів і засобів обміну повідомленнями, що гарантує їх узгодженість, синхронізацію та захищеність.

Цифровий рівень є аналітичним ядром системи цифрових двійників. Він забезпечує віртуальне представлення фізичних об'єктів і процесів, безперервний моніторинг технологічних параметрів на всіх етапах виробничого циклу, а також збір, консолідацію, зберігання та аналітичну обробку даних (моделювання, прогнозування, оптимізацію). До складу рівня входять модулі моделювання та прогнозування, засоби зберігання інформації (включно з хмарними сервісами), а також інтеграція з корпоративними системами класу MES та ERP. Зазначена архітектура створює інформаційно-аналітичну основу для підтримки управлінських рішень у режимі, наближеному до реального часу.

Сучасні архітектури цифрових двійників значною мірою базуються на використанні хмарних обчислень, що забезпечують масштабованість, доступність та економічну ефективність обробки даних. Водночас у промислових застосуваннях поширеними є гібридні підходи, які поєднують хмарні та периферійні обчислення для зниження затримок і підвищення надійності.

Синергетичний ефект взаємодії MES та ERP реалізується через двосторонній обмін даними між рівнями планування та виконання. Після завершення виробничих операцій MES передає до ERP фактичні дані щодо використання

ресурсів, обсягів виробництва та відхилень від планових показників, що забезпечує узгодження процесів планування і контролю виконання.

MES-системи виконують функції оперативного управління виробництвом, забезпечуючи інтеграцію фізичних технологічних процесів із цифровими моделями. Їх використання сприяє підвищенню прозорості виробничих операцій, точності обліку та оперативності реагування на відхилення, що в сукупності позитивно впливає на операційну ефективність підприємства. Ключові функції MES у складі цифрового рівня молокопереробного підприємства охоплюють забезпечення простежуваності партій продукції, моніторинг ефективності використання обладнання, стандартизацію операційних процедур та інтеграцію операційних і інформаційних технологій.

Інтеграція цифрового рівня з корпоративними інформаційними системами класу ERP є важливим чинником досягнення стратегічних цілей управління виробництвом. У той час як MES-системи орієнтовані на оперативне управління та оптимізацію виробничих процесів у режимах, наближених до реального часу, ERP-системи забезпечують середньо- та довгострокове планування ресурсів, фінансовий облік і управління ланцюгами постачання, формуючи цілісну систему підтримки управлінських рішень.

## Література

1. Onaji I., Tiwari D., Soulatiantork P., Song B., Tiwari A. Digital twin in manufacturing: conceptual framework and case studies / I. Onaji, D. Tiwari, P. Soulatiantork, B. Song, A. Tiwari // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. – 2022. – Vol. 35, Issue 8. – P. 831–858. – DOI: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2027014>.
2. Kritzinger W. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification / W. Kritzinger, M. Karner, G. Traar, J. Henjes, W. Sihn // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol. 51. – P. 1016–1022. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.
3. Pankratova N., Grishyn K., Barilko V. Digital twins: stages of concept development, areas of use, prospects / N. Pankratova, K. Grishyn, V. Barilko // System research and information technologies. – 2023. – № 2. – С. 7–21. – DOI: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2023.2.01>.
4. Nevliudov I., Novoselov S., Sychova O. Method of decentralized control of technological processes in intelligent manufacturing / I. Nevliudov, S. Novoselov, O. Sychova // INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES. – 2025. – № 1 (27). – С. 166–179. – DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.1.166>.

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ПЕРИФЕРІЙНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ БАГАТОАГЕНТНОГО НАВЧАННЯ ТА ТЕОРІЇ ІГОР

Бученко Ігор Анатолійович

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

[i.buchenko@duikt.edu.ua](mailto:i.buchenko@duikt.edu.ua)

## RESOURCE ALLOCATION OPTIMIZATION IN EDGE NETWORKS BASED ON MULTI-AGENT LEARNING AND GAME THEORY

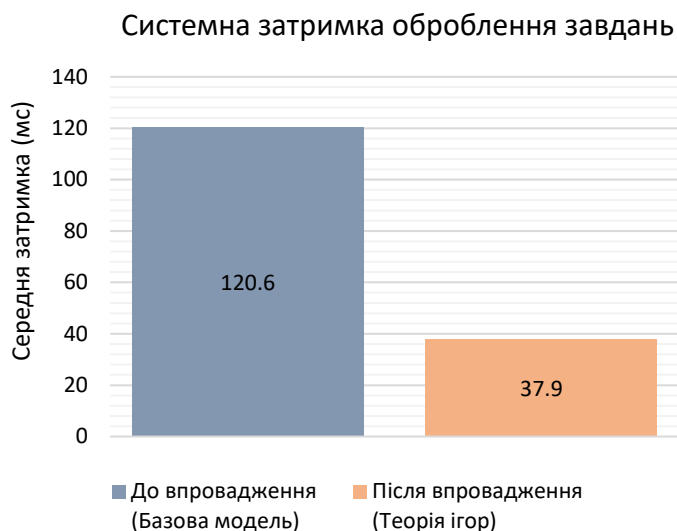
*Abstract.* The paper addresses the problem of load balancing and energy management in computer networks supporting Multi-Access Edge Computing (MEC). A hybrid methodology is proposed, combining a two-level Stackelberg game for vertical pricing and a coalitional game using the Shapley value for horizontal server cooperation. Dynamic real-time management is implemented using the Multi-Agent Deep Deterministic Policy Gradient (MADDPG) algorithm. It is established that this approach significantly reduces system latency, improves resource utilization, and guarantees network energy efficiency, completely eliminating the problem of radio spectrum monopolization.

*Вступ.* Актуальність дослідження полягає у необхідності розв'язання проблеми постійного конфлікту за обмежені ресурси між автономними вузлами. Метою роботи є розроблення та апробація адаптивної методики управління обчислювальною мережею на базі методів теорії ігор та машинного навчання, спрямованої на максимізацію енергоефективності та мінімізацію затримок.

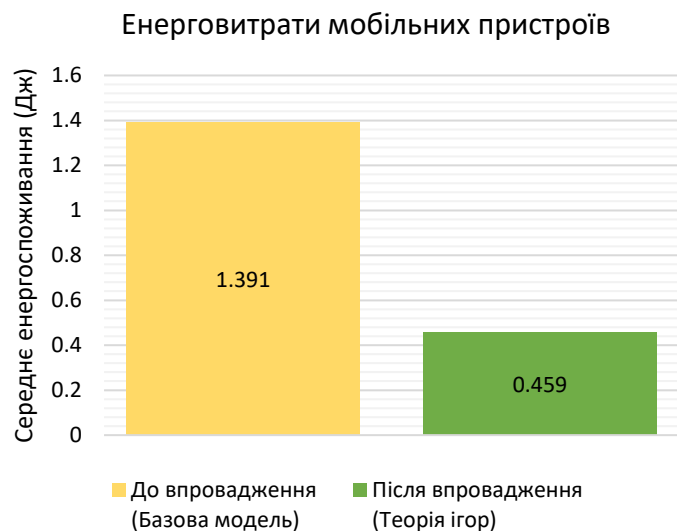
*Матеріали та методи.* Досліджується інформаційно-телекомунікаційна інфраструктура гібридної комп'ютерної мережі (Cloud-Edge-IoT). Вертикальний офлоадинг змодельовано як гру Штакельберга, а горизонтальне кооперування – на базі вектора Шеплі. Динамічне управління формалізовано як частково спостережуваний марковський процес і вирішується алгоритмом багатоагентного навчання (MADDPG). Апробація здійснена шляхом імітаційного моделювання (PyTorch) із генерацією стохастичного трафіку за розподілом Парето ( $\alpha = 2$ , складність завдань у межах 2-50 мегациклів).

*Результати та обговорення.* На основі проведеного імітаційного моделювання встановлено, що впровадження розробленої адаптивної моделі забезпечує скорочення середнього часу виконання обчислювальних завдань (сукупної затримки) на 68,5% (діаграма 1) порівняно з базовими евристичними алгоритмами [1, с. 2; 4, с. 573]. Інтелектуальний горизонтальний перерозподіл навантаження на основі вектора Шеплі своєчасно усуває пікові навантаження окремих edge-серверів, запобігаючи нелінійному зростанню часу очікування та переповненню буферних черг [2, с. 15; 6, с. 23740]. Водночас середнє енергоспоживання мобільних пристроїв зменшилося на 67% (діаграма 2) завдяки тому, що MARL-агенти навчилися адаптивно уникати енергозатратних ретрансляцій в умовах погіршення пропускної здатності каналів [5, с. 182]. Крім того, використання глобального пулу пам'яті в багатоагентній архітектурі Actor-Critic (CTDE) дозволило покращити продуктивність алгоритму та прискорити його

збіжність до рівноваги Неша на 43,5% за рахунок централізованого обміну досвідом [3, с. 3405].



Діаграма 1 – Порівняння системної затримки оброблення завдань



Діаграма 2 – Порівняння енерговитрат мобільних пристроїв

*Висновки.* Наукова новизна дослідження полягає у синергетичному поєднанні алгоритму MADDPG, ігрової моделі Штакельберга та вектора Шеплі. Практична апробація доводить, що методика дозволяє оперативно зменшити мережеві перевантаження, знижуючи затримки на 68,5% та енергоспоживання на 67%. Запропонований підхід рекомендується як базовий архітектурний стандарт для проектування мережевого ядра інфраструктур 5G/6G та систем автономного транспорту.

*Література:*

1. Alamouti S. Quantifying energy and cost benefits of hybrid edge cloud: analysis of traditional and agentic workloads. ArXiv preprint. 2025. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.14823> (date of access: 05.04.2026).

2. A stackelberg game based framework for edge pricing and resource allocation in mobile edge computing / S. Cheng et al. IEEE internet of things journal. 2024. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jiot.2024.3372016> (date of access: 10.04.2026).
3. Energy-Efficient multi-agent deep reinforcement learning task offloading and resource allocation for UAV edge computing / S. Xu et al. Sensors. 2025. Vol. 25, no. 11. P. 3403. URL: <https://doi.org/10.3390/s25113403> (date of access: 10.04.2026).
4. Furusawa T., Nakao A. Cooperative load balancing of neighboring edge clouds with LISP. 2024 international conference on computing, networking and communications (ICNC), м. Big Island, HI, USA, 19–22 лют. 2024 р. 2024. URL: <https://doi.org/10.1109/icnc59896.2024.10555967> (дата звернення: 05.04.2026).
5. MADDPG-Based offloading strategy for timing-dependent tasks in edge computing / Y. Wang et al. Future internet. 2024. Vol. 16, no. 6. P. 181. URL: <https://doi.org/10.3390/fi16060181> (date of access: 10.04.2026).
6. Stackelberg game-based bandwidth allocation and resource pricing for multi-user in MEC system / Z. Tong та ін. IEEE internet of things journal. 2024. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jiot.2024.3387440> (date of access: 10.04.2026).

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КРИВОЇ ДОХІДНОСТІ ОБЛІГАЦІЙ

**Вовченко О.О**

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна  
E-mail: vovchenkoalex0@gmail.com

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ECONOMETRIC MODELS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS FOR BOND YIELD CURVE FORECASTING

***Abstract.** This paper presents a comparative analysis of traditional econometric models and artificial intelligence models for government bond yield curve forecasting. Six models were evaluated using quarterly US Treasury data from FRED (2011–2024) across ten maturities. The DNN model achieved the best accuracy (RMSE 0.960, MAE 0.832), outperforming traditional models by nearly three times. CNN-LSTM ranked second (RMSE 1.460), while VAR demonstrated the lowest accuracy (RMSE 3.385). Traditional models showed greater stability under varying market conditions, whereas AI models exhibited higher sensitivity to volatility. Statistical differences between models were significant ( $p < 0.05$ ).*

**Вступ.** Прогнозування кривої дохідності державних облігацій є важливим завданням для центральних банків, інвестиційних компаній та фінансових регуляторів. Традиційні економетричні моделі, попри теоретичну обґрунтованість, часто виявляються недостатньо гнучкими для захоплення нелінійних залежностей. Розвиток методів машинного навчання відкриває нові можливості для вирішення цієї задачі, що обумовлює актуальність порівняльного аналізу класичних та сучасних підходів до моделювання.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводилося на кварталних даних Federal Reserve Economic Database (FRED) за 2011–2024 роки для десяти термінів погашення облігацій США: 3 міс., 6 міс., 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20 та 30 років. Порівнювалися три традиційні моделі — динамічна модель Нельсона-Сігеля (DNS), модель Свенссона та векторна авторегресія (VAR) — та три моделі штучного інтелекту — глибока нейронна мережа (DNN), гібридна модель CNN-LSTM та градієнтний бустинг XGBoost. Навчання проводилося на вибірці 2011–2021 рр., тестування — на даних 2022–2024 рр. Для моделей III виконувалося 20 незалежних запусків для забезпечення статистичної значущості результатів. Оцінка здійснювалася за метриками RMSE, MAE та  $R^2$ . Стійкість визначалася як відношення помилок у періоди високої та низької волатильності.

**Результати та обговорення.** Порівняльні метрики точності моделей наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння метрик точності моделей

Модель	RMSE	MAE	$R^2$
DNN	0,960	0,832	0,054

CNN-LSTM	1,460	1,231	-0,624
XGBoost	2,067	1,869	-3,625
DNS	2,920	2,549	-4,044
Svensson	2,920	2,549	-4,044
VAR	3,385	2,937	-6,136

Моделі штучного інтелекту продемонстрували значно вищу точність прогнозування. DNN показала найкращі результати з RMSE 0,960 та MAE 0,832, що майже втричі перевищує точність прогнозів традиційних моделей. CNN-LSTM посіла друге місце (RMSE 1,460, MAE 1,231). XGBoost, незважаючи на гірші результати серед III-моделей (RMSE 2,067, MAE 1,869), перевершив усі класичні підходи. DNS та Svensson показали ідентичні результати (RMSE 2,920, MAE 2,549), тоді як VAR продемонструвала найнижчу точність (RMSE 3,385, MAE 2,937). Позитивне значення  $R^2$  зафіксовано лише у DNN (0,054); решта моделей отримали негативні значення, що свідчить про їхню обмежену здатність захоплювати нелінійні залежності.

Результати аналізу стійкості моделей подано у Таблиці 2.

*Таблиця 2 – Показники стійкості моделей в різних ринкових умовах*

Модель	RMSE висока волат.	RMSE низька волат.	Коеф. стійкості
DNN	0,225	0,047	4,782
CNN-LSTM	0,262	0,060	4,389
XGBoost	0,488	0,039	12,507
DNS	2,939	3,599	0,817
Svensson	2,939	3,599	0,817
VAR	3,159	4,300	0,735

Традиційні моделі (DNS, Svensson, VAR) продемонстрували коефіцієнти стійкості близькі до 1 (0,817; 0,817; 0,735 відповідно), що вказує на відносно рівномірну точність за різних ринкових умов. Натомість моделі III показали значно нижчі абсолютні похибки, однак вищу чутливість до волатильності: DNN — 4,782; CNN-LSTM — 4,389; XGBoost — 12,507. Статистичний аналіз підтвердив значущість відмінностей між моделями ( $p < 0,05$ ). Таким чином, кожен клас моделей характеризується специфічним співвідношенням точності та стійкості: III-моделі є точнішими в стабільних умовах, тоді як традиційні підходи демонструють більшу стабільність в умовах підвищеної волатильності.

**Висновки.** Проведений порівняльний аналіз шести моделей прогнозування кривої дохідності засвідчив суттєву перевагу DNN за точністю (RMSE 0,960) над традиційними підходами при збереженні вищої стійкості класичних моделей за умов ринкової волатильності. Отримані результати обґрунтовують доцільність розробки комбінованих підходів, що поєднують точність методів машинного навчання зі стійкістю класичних економетричних моделей для прогнозування кривої дохідності державних облігацій.

#### **Список використаних джерел**

1. Вовченко О.О., Грама М.П., Грибков С.В., Сєдих О.Л. Порівняльний аналіз традиційних економетричних моделей та моделей штучного інтелекту для прогнозування кривої дохідності облігацій. Математичні машини і системи. 2025. № 2. С. 45–52. DOI: 10.34121/1028-9763-2025-2-45-52.

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗГОРТАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ТРАНСФОРМЕРІВ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ

**Тютюнник Петро Богданович** – аспірант кафедри «Комп’ютерних та інформаційних технологій і систем», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна;

e-mail: [tiutiunnyk@nupr.edu.ua](mailto:tiutiunnyk@nupr.edu.ua); ORCID Author ID: <https://orcid.org/0009-0002-2531-9643>;

**Головко Геннадій В’ячеславович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Комп’ютерних та інформаційних технологій і систем», Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна;

e-mail: [genvgolovko@ukr.net](mailto:genvgolovko@ukr.net); ORCID Author ID: <https://orcid.org/0000-0002-1745-1321>.

## FEATURES OF DEPLOYING VISION TRANSFORMERS IN RESOURCE-CONSTRAINED ENVIRONMENTS

**Abstract.** Vision Transformers (ViTs) outperform CNNs but face deployment challenges on edge devices due to their quadratic computational complexity. This paper analyzes optimization strategies for resource-constrained environments, focusing on lightweight architectures, hybrid designs, and compression techniques like quantization and token pruning. Results demonstrate that optimized ViTs can reduce model size by up to 74% and significantly lower inference latency with minimal accuracy loss. By leveraging linear attention and hardware-software co-design, modern ViTs effectively overcome traditional limitations, offering superior accuracy, speed, and energy efficiency compared to standard CNNs for edge computing.

**Вступ.** Візуальні трансформери (ViT) витісняють згорткові нейронні мережі (CNN) у задачах комп’ютерного зору, але їх квадратична складність  $O(N^2)$  та високі вимоги до пам’яті ускладнюють розгортання на периферійних пристроях. Метою роботи є аналіз сучасних стратегій оптимізації ViT для роботи в умовах жорстких ресурсних обмежень.

**Матеріали та методи.** У роботі досліджено легковагові архітектури ViT: EfficientFormer, MobileViT, EfficientViT, MambaVision. Оцінка проводилася на базі стандартизованих наборів даних ImageNet-1K, MS-COCO та Cityscapes з орієнтацією на мобільні процесори та периферійні GPU. Проаналізовано ключові алгоритми компресії: квантування, відсікання токенів та дистиляцію знань.

**Результати та обговорення.** Аналіз сучасних досліджень демонструє, що адаптація візуальних трансформерів до умов ресурсних обмежень еволюціонувала від методів зменшення розмірності до створення складних гібридних архітектур та систем апаратно-програмного співдизайну. Важливим кроком стало створення

спеціалізованих легковагових архітектур, здатних досягати від 75 до 96 відсотків точності повномасштабних моделей, одночасно зменшуючи затримку інференсу у 3–9 разів [1, с. 1]. Наприклад, модель EfficientFormer-L1, оптимізована під мобільні прискорювачі, досягає затримки всього 1,6 мс, аналогічно до згорткової моделі MobileNetV2, але випереджає її за точністю класифікації на 4,5%. Інший підхід реалізовано в гібридній лінійці MobileViTv3, де глобальне моделювання трансформерів об'єднано з глибинно-відокремленими згортками. Варіант MobileViTv3-S демонструє на 5,7% вищу точність у задачах виявлення об'єктів на наборі даних MS-COCO порівняно зі згортковою MobileNetv3. У свою чергу, мікро-трансформери сімейства MicroViT забезпечують пропускну здатність до 773 зображень за секунду на платформі NVIDIA Jetson Orin Nano, що є оптимальним для автономної робототехніки [2, с. 4].

Для завдань щільного прогнозування високої роздільної здатності, як семантична сегментація або автономне водіння, архітектура EfficientViT пропонує заміну неефективного механізму softmax на багатомасштабну лінійну увагу на базі функції активації ReLU. Це забезпечує лінійну обчислювальну складність відносно кількості токенів  $O(N)$ . На наборі даних Cityscapes ця модель зменшує затримку обробки на GPU до 13,9 разів у порівнянні з SegFormer без втрати точності, а для алгоритмів на базі Segment Anything Model пропускну здатність на серверному обладнанні зростає у 48,9 рази.

Компресія моделей, використовуючи квантування, відсікання неінформативних токенів та дистилляція знань, залишається обов'язковим етапом оптимізації для мікроконтролерів та IoT-пристроїв. Уніфіковане застосування цих методів забезпечує скорочення розміру моделі до 74% при деградації точності лише на 2,1–3,8%, прискорюючи виконання у 4,2 рази [3, с. 78]. Проблему розбіжності ступеня стиснення під час навчання та логічного виведення ефективно вирішує плагін Token Compensator, який додається до вже стиснутих моделей і підвищує середню точність DeiT-B на 2,3% без потреби у дороговартісному донавчанні [4, с. 76].

Розширюючи аналіз методів компресії, варто відзначити критичну різницю між підходами квантування. Згідно з дослідженнями, агресивне зниження розрядності, наприклад до 4-бітного формату, дозволяє досягти до 16-кратного зменшення кількості операцій, однак спричиняє деградацію точності механізмів уваги [3, с. 69]. Для вирішення цієї проблеми перспективним є гібридне квантування, яке поєднує статичне квантування для мінімізації затримок та динамічне квантування «на льоту» для шарів, чутливих до втрати інформації, що є оптимальним для смартфонів, які зазвичай обмежені пропускну здатністю пам'яті [5, с. 2]. Більше того, для об'єктивного порівняння таких оптимізацій уведено нову метрику Efficient Error Rate, яка нормалізує характеристики, як кількість біт, FLOPs, обсяг пам'яті, що безпосередньо впливають на апаратні пристрої під час логічного виведення.

Найвищу ефективність сьогодні забезпечують технології апаратно-програмного співдизайну (HW-SW co-design). Зокрема, фреймворк PackQViT

покладається на суб-8-бітне квантування для мобільних платформ, гарантуючи повністю цілочисельний інференс. Затримка такої моделі на мобільному процесорі Snapdragon 870 становить лише 12,3 мс при енерговитратах 0,12 Дж на зображення, що прискорює базові ViT у 5,9 разів [6, с. 37]. Водночас інноваційна гібридна архітектура MambaVision, яка інтегрує трансформер із моделлю простору станів для уникнення квадратичної складності, здатна збільшити пропускну здатність мережі у 2,3 рази. Проте, як показують тести, на периферійних пристроях динамічна маршрутизація токенів у таких архітектурах викликає флуктуації затримок до  $\pm 9,3\%$ , що поки що перевищує стандартні ліміти толерантності для жорстких систем реального часу [6, с. 38].

**Висновки.** Фундаментальна проблема квадратичної складності візуальних трансформерів ефективно долається методами лінійної уваги, архітектурної гібридизації та агресивного багатопарового квантування. Сучасні оптимізовані ViT перевершують CNN за точністю, зберігаючи аналогічну швидкість та енергоефективність.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Samson H. H. Lightweight Transformer Architectures for Edge Devices in Real-Time Applications. *arXiv preprint arXiv:2601.03290*. 2026..
2. Microvit: A vision transformer with low complexity self attention for edge device / N. Setyawan et al. *2025 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*. 2025. P. 1–5.
3. Maulana D., Ramasamy R. K. Systematic Review of Quantization-Optimized Lightweight Transformer Architectures for Real-Time Fruit Ripeness Detection on Edge Devices. *Computers*. 2026. Vol. 15, no. 1. P. 69. URL: <https://doi.org/10.3390/computers15010069>.
4. Token compensator: Altering inference cost of vision transformer without re-tuning / S. Jie et al. *European conference on computer vision*. 2024. P. 76–94.
5. Beyond Static and Dynamic Quantization-Hybrid Quantization of Vision Transformers / P. Kluska et al. *BMVC*. 2024.
6. Wu Y. Co-optimized Vision Transformer Deployment on Edge Devices: Algorithm-Hardware-Compiler 3D Evolution. *Journal of Computing and Electronic Information Management*. 2025. Vol. 18, no. 1. P. 36–39.

## МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

**Тащук О.Ю.** кандидат фізико-математичних наук, **Тащук Р.Ю.** доктор філософії, **Гринівський О.Г.**

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

[o.tashchuk@chnu.edu.ua](mailto:o.tashchuk@chnu.edu.ua)

### *Modeling of an Intelligent Traffic Management System Based on Computer Vision Methods*

#### *Abstract*

The rapid growth of urban traffic intensity necessitates the transition from static traffic control approaches to adaptive intelligent systems capable of real-time decision-making. This study focuses on the modeling and development of an intelligent traffic management system based on computer vision techniques. The primary objective is to design a system that can analyze video streams in real time, estimate traffic density, and dynamically adjust traffic light phases to optimize traffic flow.

The proposed system is built on a modular architecture integrating a Raspberry Pi-based hardware platform with a camera module for video acquisition and a software subsystem implemented in Python using the OpenCV library. Image processing methods, including filtering, edge detection, segmentation, and object recognition, are applied to identify and classify vehicles. Additionally, a fuzzy cognitive map (FCM) model is utilized to analyze the influence of key factors such as lighting conditions, image noise, camera resolution, and vehicle density on system performance.

The results demonstrate that improving input data quality parameters significantly increases system accuracy, reduces noise levels, and enhances object detection reliability. The developed system is capable of real-time traffic density estimation and adaptive control signal generation. Furthermore, the integration of routing algorithms enables dynamic redistribution of traffic flows.

The scientific novelty of the research lies in the integration of computer vision methods with fuzzy cognitive modeling for intelligent traffic control. The practical significance is associated with the development of a cost-effective and scalable solution suitable for small and medium-sized urban environments, contributing to reduced congestion, improved traffic efficiency, and enhanced road safety.

Зростання інтенсивності транспортних потоків у сучасних містах зумовлює необхідність переходу від статичних до адаптивних методів керування дорожнім рухом. Традиційні системи світлофорного регулювання не враховують реальний стан трафіку, що призводить до заторів та зниження ефективності транспортної інфраструктури [1, 2]. Метою дослідження є моделювання та розробка інтелектуальної системи керування дорожнім рухом на основі технологій комп'ютерного зору, здатної аналізувати відеопотік у реальному часі та адаптивно змінювати режими роботи світлофорів.

У роботі використано одноплатний комп'ютер Raspberry Pi із камерою PiCam як засіб збору відеоданих, а також програмні засоби на базі мови Python та бібліотеки OpenCV для обробки зображень. Алгоритмічний апарат включає методи фільтрації (медіанні та гаусівські фільтри), детектування контурів (Canny), сегментації та класифікації транспортних засобів. Для моделювання впливу факторів на якість системи застосовано нечіткі когнітивні карти (FCM), що дозволяють враховувати взаємозв'язки між параметрами, такими як освітлення, рівень шуму та роздільна здатність камери [3, 4]. Архітектура системи реалізована як багаторівнева модель із модулями збору даних, обробки, зберігання (MongoDB) та взаємодії через REST API.

У результаті дослідження розроблено прототип системи, який здатний у реальному часі визначати щільність транспортного потоку та адаптувати тривалість світлофорних фаз. Експериментальне моделювання на основі FCM показало, що підвищення роздільної здатності камери та покращення умов освітлення забезпечує суттєве зростання точності системи (наближення показника Traffic\_Management\_Accuracy до верхньої межі діапазону +1), водночас знижується рівень шуму та покращується контраст зображення. Отримані результати узгоджуються з сучасними дослідженнями у сфері застосування штучного інтелекту для управління транспортними системами [5, 6].

Встановлено, що ключовими факторами, які впливають на ефективність роботи системи, є параметри відеопотоку та кількість транспортних засобів у зоні спостереження. Реалізовані алгоритми дозволяють здійснювати класифікацію транспортних засобів, оцінку щільності руху та динамічне формування команд керування світлофорами через GPIO інтерфейс. Додатково впроваджено модуль маршрутизації, який використовує алгоритми Дейкстри для оптимізації транспортних потоків у реальному часі.

Таким чином розроблена система демонструє ефективність застосування методів комп'ютерного зору для адаптивного керування дорожнім рухом.

Науковою новизною є поєднання алгоритмів обробки зображень із моделлю нечітких когнітивних карт для оптимізації параметрів системи. Практична значущість роботи полягає у можливості впровадження доступного рішення для малих і середніх міст, що дозволяє зменшити затори, підвищити пропускну здатність доріг та покращити безпеку дорожнього руху.

## Література

1. Sakhuja A. Intelligent Traffic Management System using Computer Vision and Machine Learning [Електронний ресурс] // ResearchGate. – 2023. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/374717408\\_Intelligent\\_Traffic\\_Management\\_System\\_using\\_Computer\\_Vision\\_and\\_Machine\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/374717408_Intelligent_Traffic_Management_System_using_Computer_Vision_and_Machine_Learning) (дата звернення: 10.04.2026).

1. Yan H., Li Y. A Survey of Generative AI for Intelligent Transportation Systems: Road Transportation Perspective [Електронний ресурс] // arXiv. – 2023. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2312.08248> (дата звернення: 10.04.2026).

2. Aloupogianni E., et al. An AI-based Digital Twin Framework for Intelligent Traffic Monitoring [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: [https://repository.essex.ac.uk/38711/1/202407\\_icecet24\\_sydney\\_digital\\_twin\\_sg\\_camera\\_ready.pdf](https://repository.essex.ac.uk/38711/1/202407_icecet24_sydney_digital_twin_sg_camera_ready.pdf) (дата звернення: 09.04.2026).
3. Goenawan C. R. Autonomous Smart Traffic Management System Using AI (CNN and LSTM) [Электронный ресурс] // arXiv. – 2024. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2410.10929> (дата звернення: 10.04.2026).
4. Kaur A. Artificial Intelligence in Traffic Management Systems [Электронный ресурс] // International Journal of Scientific and Advanced Technology. – 2025. – Режим доступа: <https://www.ijسات.org/papers/2025/1/2824.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
5. Samuel P. Analysis of Intelligent Traffic Management System using Computer Vision [Электронный ресурс] // International Journal of Recent Technology. – 2025. – Режим доступа: <https://ijrt.org/j/article/view/489> (дата звернення: 10.04.2026).

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

аспірантка **Шпаченко Д.В.**, к.т.н., доцент **Харкянен О.В.**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*  
*E-mail: harkianenov@nuft.edu.ua*

**Abstract.** The study investigates the impact of digital technologies on logistics processes in food enterprises. The integration of ERP, WMS, IoT, and AI-based forecasting tools is analyzed as a factor of resilience improvement. The results demonstrate a reduction in inventory levels, logistics costs, and product losses, along with increased adaptability to demand fluctuations. The findings confirm that digitalization contributes to sustainable and efficient supply chain management in the food industry.

*Вступ.* Сучасні умови функціонування харчових підприємств характеризуються зміною уподобань споживачів і відповідно попиту, обмеженими термінами зберігання продукції та логістичними ризиками. Метою дослідження є оцінка впливу на логістичні процеси харчового підприємства впровадження сучасних технологій аналізу даних.

*Матеріали та методи.* Об'єктом дослідження є логістичні процеси харчових підприємств. Використано аналітичний огляд сучасних наукових публікацій за період з 2022 по 2024 рр., методи статистичного аналізу, порівняння та узагальнення. Досліджено вплив інформаційних технологій (ERP, WMS, IoT, інформаційних систем прогнозування на основі штучного інтелекту) на показники ефективності логістичних процесів харчового підприємства.

*Результати та обговорення.* У результаті дослідження встановлено, що впровадження інформаційних технологій аналізу даних суттєво підвищує стійкість логістичних систем харчових підприємств за рахунок обґрунтованого прийняття рішень, узгодженості процесу виробництва і постачання продукції.

Зокрема, використання ERP-систем дозволяє впорядкувати інформаційні потоки між виробничими відділами підприємства, що забезпечує скорочення часу планування постачання на 20–25 % та зменшує помилки у замовленнях до 15 %. Особливо важливим це є для харчової галузі, де порушення термінів постачання призводить до втрат продукції [1]. Крім того, централізоване управління даними сприяє підвищенню точності прийняття управлінських рішень та зниженню операційних ризиків.

Впровадження WMS-систем сприяє оптимізації складських операцій. За результатами аналізу, середній час обробки замовлень скорочується на 15–20 %, а точність обліку запасів зростає до 98–99 %. Даний підхід сприяє мінімізації залишків та зменшує ризики від виникнення непередбачуваних обставин. Також більш раціонально використовуються склади підприємства, що сприяє загальному зменшенню витрат.

Застосування IoT-технологій (датчики температури, вологості, контролю транспортування) забезпечує безперервний моніторинг стану продукції. Встановлено, що використання таких систем дозволяє знизити втрати від псування на 10–18 %, що є критично важливим для швидкопсувних товарів. Окрім цього, оперативне виявлення відхилень у параметрах зберігання дозволяє своєчасно реагувати на ризики та запобігати порушенню стандартів якості.

Великий вплив на прогнозування показників харчового підприємства, зокрема попиту мають методи штучного інтелекту (ШІ).

Штучний інтелект використовує поєднання методів і алгоритмів обробки даних для імітації людської діяльності: процесу вивчення і дослідження матеріалу, пошуку закономірностей у різноманітних даних, формування рекомендацій для прийняття рішень.

Згідно з дослідженнями, застосування машинного навчання підвищує точність прогнозів на 12–18 %, що дозволяє більш ефективно синхронізувати обсяги виробництва та постачання [2]. Як наслідок, обсяг складських залишків скорочується на 25–35 %, що відповідно зменшує витрати, які включаються у собівартість продукції.

Сумісна інтеграція наведених сучасних інформаційних технологій у логістичні бізнес-процеси харчового підприємства дозволяє організувати їх більш раціонально, прозоро і ефективно. Забезпечення оперативного контролю всіх етапів логістичних бізнес-процесів підвищує конкурентоздатність харчового підприємства, дозволяє легше адаптуватись до змін попиту та умов функціонування ринку харчової продукції.

*Висновки.* Інтеграція сучасних інформаційних технологій аналізу даних з логістичними процесами харчового підприємства є ефективним способом інформаційної підтримки його діяльності. Впровадження ERP, WMS, IoT та AI-технологій дозволяє зменшити витрати, що враховуються у собівартість продукції, оптимізувати ціни, підвищити точність прогнозування основних показників діяльності підприємства, покращити якість продукції та мінімізувати брак.

Отримані результати можуть бути використані для розвитку і впровадження сучасних методів аналізу даних у інформаційні системи харчових підприємств.

### Література

1. Ali A. A. A., Fayad A. S. S., Alomair A., Al Naim A. S. (2024), The role of digital supply chain on inventory management effectiveness within engineering companies in Jordan, Sustainability, 16(18), 8031, <https://doi.org/10.3390/su16188031>.
2. Culot G., Podrecca M., Nassimbeni G. (2024), Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions, Computers in Industry, 146, 104132, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>.
3. Russell S., & Norvig P. (2021), Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.), Pearson.

## РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБСИСТЕМИ ДЛЯ ПРОДАЖУ ТА БРОНЮВАННЯ КВИТКІВ У КІНОТЕАТР

**Кирильчук І. О., Костіков М. П.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*E-mail: forestin29@gmail.com*

### **Development of a Web-Based System for Cinema Ticket Booking and Sales**

*The paper presents the development of a web-based system for online cinema ticket booking and sales. The study covers system architecture, implementation technologies, and key functional features, including schedule browsing, seat selection, and online payment. The system is designed using a client-server approach with technologies such as Django, Microsoft SQL Server, Python, JavaScript, HTML, and CSS. Special attention is given to data integrity, preventing double booking, and ensuring real-time availability. The proposed solution enhances user experience, optimizes cinema operations, and supports scalable and efficient service delivery.*

Вебсистеми для продажу та бронювання квитків є важливою складовою сучасної індустрії розваг. Вони дозволяють автоматизувати процес купівлі квитків, зменшити навантаження на персонал та покращити взаємодію з клієнтами.

У цьому дослідженні розглянуто процес розроблення вебзастосунку для онлайн-бронювання квитків у кінотеатрі, включаючи архітектуру системи, технології реалізації та функціональні можливості.

В сучасних умовах користувачі очікують швидкого та зручного доступу до послуг через інтернет. Це особливо актуально для кінотеатрів, де необхідно оперативно отримувати інформацію про фільми, розклад сеансів, наявність місць та можливість їх бронювання або покупки онлайн. Вебсистема повинна забезпечувати стабільну роботу, швидке опрацювання запитів, а також зручний інтерфейс користувача.

Розроблення системи передбачає створення клієнтської та серверної частин. На серверній стороні буде реалізовано логіку опрацювання запитів, роботу з базою даних і підтримку безпеки системи. Для цього можуть використовуватись сучасні фреймворки, такі як Django, що дозволяють швидко створювати масштабовані вебдодатки. Система керування базою даних, наприклад Microsoft SQL Server, може забезпечити зберігання інформації про фільми, сеанси, користувачів і квитки.

Основні етапи розроблення проєктованої системи включають:

- аналіз предметної області: визначення основних сутностей (фільми, сеанси, зали, місця, користувачі, бронювання);
- проєктування бази даних: створення таблиць і зв'язків між ними;
- розроблення серверної логіки: реалізація API та опрацювання бізнес-логіки;
- розроблення користувацького інтерфейсу: створення вебсторінок для перегляду розкладу, вибору місць і оплати;

- тестування системи: перевірка коректності роботи та навантаження.

Важливим аспектом є забезпечення цілісності даних, зокрема недопущення подвійного бронювання місць. Це досягається за рахунок транзакцій у базі даних та перевірок доступності місць у реальному часі. Також необхідно враховувати обмеження розкладу сеансів, такі як відсутність перетинів між показами у межах одного залу.

Сучасні вебтехнології дозволяють реалізувати додаткові функції, такі як особистий кабінет користувача, історія покупок, аналітика продажів та інтеграція з платіжними системами. Використання REST API забезпечує можливість масштабування та інтеграції з мобільними додатками.

Мови програмування Python і JavaScript, а також мова розмітки HTML і таблиці стилів CSS відіграють ключову роль у розробленні системи. При цьому Python буде використовуватися для серверної логіки, HTML і CSS — для створення структури та стилізації інтерфейсу, а JavaScript — для динамічної взаємодії з користувачем.

Як приклад успішної реалізації подібних систем можна навести мережу кінотеатрів Multiplex, яка використовує онлайн-сервіси для бронювання квитків. Це дозволяє компанії значно поліпшити зручність використання для клієнтів і підвищити ефективність бізнес-процесів.

Таким чином, розроблення вебсистеми для продажу та бронювання квитків у кінотеатрі є актуальним завданням, що дозволяє підвищити якість обслуговування користувачів, оптимізувати роботу кінотеатру та збільшити прибуток. Використання сучасних технологій має забезпечити гнучкість, масштабованість та надійність системи.

## Література

1. Django Software Foundation (2026) *Django Documentation* [online]. URL : <https://docs.djangoproject.com>.
2. Microsoft (2026) *SQL Server technical documentation* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/sql-server/?view=sql-server-ver17>.
3. Mozilla Corporation (2026) *Resources for Developers, by Developers. Documenting CSS, HTML, and JavaScript, since 2005* [online]. URL : <https://developer.mozilla.org/en-US>.
4. Адаменко В. С., Костіков М. П. (2024) Засоби та методи оптимізації високопродуктивних вебдодатків, *Наук. пр. Першої міжнар. наук.-практ. конф. «Штучний інтелект та інформаційні технології», 3–4 червня 2024 р. (Київ, Україна)*. К. : НУХТ, с. 286–287.
5. Булій Д. Ю., Костіков М. П. (2023) Використання нового модуля MySQLi для роботи з базами даних на веб-сайті, *Матер. 89 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті», 3–7 квітня 2023 р.* К. : НУХТ, ч. 2, с. 318.

## **ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОЦЕСИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПРАКТИЧНОЇ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ АЛГОРИТМІВ КОДУВАННЯ ТА ДЕКОДУВАННЯ ДАНИХ**

**Ковтун А.А., Овчарук В.О.**

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

*E-mail: ovcharuk2004@ukr.net*

### **Fundamental processes and prospects for the practical implementation of data encoding and decoding algorithms**

*Encoding and decoding information are key processes that have become indispensable in our digital lives. These processes make it possible to compress large amounts of data and transmit them over various communication channels, including the Internet. However, their importance extends beyond data transmission – they are also used in graphics, audio, video, and other fields.*

Наукове переосмислення фундаментальних засад трансформації інформаційних масивів дозволяє стверджувати, що стратегічна мета кодування та декодування даних полягає в інтенсифікації процесу передачі шляхом мінімізації обсягу інформації при забезпеченні високої швидкості та збереженні цілісності контенту. Практична імплементація цих процесів знаходить відображення у функціонуванні систем цифрового телебачення та інтернет-трансляцій, де, зокрема, стандарт H.264 ідентифікується як високоефективний метод відеокодування, що гарантує високу якість візуалізації при досягненні гранично малих обсягів вихідних даних. Це набуває критичного значення в умовах мережевої трансляції, оскільки попередня компресія забезпечує ефективність трафіку з подальшою автоматичною декомпресією на стороні реципієнта.

Цільове призначення кодування полягає в адаптивній конвертації інформації між різними формами представлення для оптимізації процесів її трансляції або депонування. Сучасна наукова думка виокремлює значну варіативність методологічних підходів до кодування, вибір яких детермінується специфікою та вимогами конкретного дослідницького чи прикладного завдання. Уніфіковані види кодування, зокрема двійкове, десяткове та шістнадцяткове, виступають базисом для представлення даних у гетерогенних обчислювальних системах. При цьому двійкова система є домінантною в архітектурі електронно-обчислювальних машин, тоді як десяткова традиційно інтегрована у процеси фінансового моніторингу та звітності.

Формалізація кодованого представлення здійснюється через відповідні алгоритми, які являють собою структуровані набори інструкцій різного рівня складності залежно від цільової спрямованості операції. Серед найбільш репрезентативних прикладів слід виділити алгоритм Хаффмана, який широко застосовується для ентропійного стиснення текстових масивів та аудіовізуального контенту з мінімізацією якісних втрат. Кодування даних визначається як

детермінований процес, що забезпечує збереження та передачу інформаційного ресурсу у відповідному форматі, що відповідає стандартам сучасної обробки [1].

Основи декодування даних інтерпретуються як критична стадія опрацювання інформації, яка передбачає реверсивну трансформацію закодованих послідовностей у вихідний формат для забезпечення їхньої операційної доступності та подальшої експлуатації. Класифікація типів декодування охоплює широкий спектр об'єктів, включаючи текстові масиви, аудіо- та відеофайли, графічні зображення, а також системне програмне забезпечення. Кожна з зазначених категорій характеризується специфічними властивостями та потребує застосування відповідного алгоритмічного апарату. Для текстової інформації стандартною є експлуатація кодувань UTF-8 або ASCII, тоді як алгоритми декодування мультимедійних файлів інтегрують функції розпакування даних, синхронізації звукового та візуального рядів і зіставлення з метаданими. Процеси ідентифікації та нівелювання похибок, що виникають внаслідок некоректної інтерпретації символів, також є невід'ємною складовою алгоритмічної бази декодування.

Для відновлення статичних графічних об'єктів застосовуються спеціалізовані алгоритми, такі як JPEG, GIF або PNG, що дозволяють реституцію зображення у первинний формат. Декодування програмного коду та системних файлів має свою специфіку, пов'язану, зокрема, з верифікацією та корекцією помилок у програмних структурах, для чого залучається інструментарій дизасемблювання та декомпіляції з метою перетворення об'єктного коду в текстовий формат.

Систематизація основних методів кодування дозволяє виокремити абсолютне кодування, при якому кожному елементу присвоюється константний унікальний ідентифікатор (наприклад, бінарний код або ASCII). На противагу йому, умовне кодування базується на формуванні складних кодових конструкцій, архітектура яких безпосередньо залежить від контекстуальних зв'язків інформації, що демонструється на прикладі арифметичного кодування або коду Хаффмана.

У контексті актуальних тенденцій розвитку інформаційних технологій кодування та декодування позиціонуються як ключові інструменти, що забезпечують захист інформації від несанкціонованої експлікації та оптимізують мережеву взаємодію. Таким чином, безперервне функціонування сучасних інформаційних систем було б неможливим без впровадження та еволюції зазначених методів обробки даних.

### **Література**

1. Кожевников В.Л., Кожевников А.В. Основи збирання, обробки і передачі інформації. Теоретичні основи. Д.: НГУ, 2017. 108 с.

## РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБДОДАТКУ ДЛЯ ПРОДАЖУ ВІЙСЬКОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ З ПІДТРИМКОЮ 3D-ПЕРЕДОГЛЯДУ ДЛЯ МАГАЗИНУ HRISTO AIRSOFT

**Марцін О. О., Костіков М. П.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*E-mail: guardsowh@gmail.com*

### **Development of a Web Application for Selling Military Gear with 3D Preview Support for the Hristo Airsoft Store**

*The paper describes the development of a high-end 3D configurator for Hristo Airsoft, drawing a parallel between the user experience in AAA games and modern e-commerce. The proposed solution implements "Gunsmith" mechanics similar to those found in AAA games, aiming to bridge the gap between digital simulation and real-world tactical gear retail through advanced WebGL visualization.*

Застарілий інтерфейс вебмагазинів, що торгують складними товарами, часто не дозволяє клієнтам перевірити сумісність онлайн. Такий UX змушує клієнтів звертатися за ручними роз'ясненнями до менеджерів, що сповільнює процес продажу та погіршує загальне враження користувача від сервісу.

У діяльності підприємства Hristo d.o.o., яке спеціалізується на реалізації страйкбольного спорядження, виникла потреба в інноваційних інструментах візуалізації. Консультування клієнтів щодо сумісності тактичного обвісу та зовнішнього вигляду кастомізованих моделей зброї досі неефективний, адже базується на ручних роз'ясненнях менеджерів. Брак інтерактивних інструментів і чіткої перевірки на сумісність створює розрив між очікуваннями покупця та реальним виглядом товару, що погіршує досвід клієнтів і знижує конверсію.

Огляд стандартних спеціалізованих ІТ-рішень для е-комерції виявив їхню суттєву обмеженість у передачі складної логіки кастомізації модульного тактичного спорядження. Платформи Sketchfab Viewer API й інші забезпечують якісний рендеринг, та не мають вбудованої багаторівневої перевірки сумісності деталей без значного кастомного кодування. Корпоративні SaaS-рішення, як Exrivi, пропонують побудову «дерева залежностей», але економічно недоцільні через високу вартість підписки та закритість архітектури. Плагіни типу WP 3D Configurator загалом демонструють падіння продуктивності при опрацюванні високонавантажених сцен із високополігональними моделями зброї.

Натомість «золотим стандартом» UX/UI у цій ніші стали системи модифікації зброї (механіки Gunsmith) у сучасних тактичних шутерах AAA-рівня, таких як Call of Duty, Battlefield, Arena Breakout: Infinite. Тут реалізовано бездоганний модульний підхід: користувач бачить чітку ієрархію кріплень (стволу, цівки, приціли, тактичні блоки), отримує миттєвий візуальний фідбек при кожній зміні та розуміє жорстку логіку залежностей (наприклад, неможливість встановлення коліматора без відповідної перехідної планки).

Інформаційна система будується за клієнт-серверною архітектурою. Для клієнтської частини обрано компонентний підхід на базі фреймворків React.js або Vue.js. За бекенд-частину (REST API) відповідатиме середовище Node.js, а для збереження даних спроектовано нормалізовану реляційну базу даних PostgreSQL. Візуалізаційний 3D-компонент у браузері будується на базі галузевого стандарту Three.js та технології WebGL. 3D-моделі проходять ретопологію (оптимізацію полігонів для вебу) у середовищі Blender та експортуються у формат .glb або .gltf.

Інтегрований 3D-модуль забезпечить такий функціонал, повністю адаптуючи ігровий досвід під завдання електронної комерції:

інтерактивна 3D-візуалізація (Аналог меню «Огляд зброї»): вільний огляд базової моделі на 360° зі змогою масштабувати окремі вузли;

модульна конфігурація з деревоподібною логікою (аналог Gunsmith з АБІ): додавання або заміна деталей (прицілів, тримачів, тактичних блоків, глушників) у реальному часі з автозабароною встановлення елементів, що не відповідають технічним стандартам кріплення чи зброї;

динамічний розрахунок і оновлення характеристик (аналог системи статів зброї): миттєве оновлення підсумкової вартості комплекту при зміні конфігурації аксесуарів у інтерфейсі.

Подальша реалізація проєкту зосереджена на оптимізації графічної складової та розбудові масштабованої хмарної інфраструктури. На етапі підготовки 3D-активів у середовищі Blender планується створення та глибока адаптація референсних моделей страйкбольної зброї та екіпірування. Особлива увага приділятиметься процесу ретопології — критичному зменшенню кількості полігонів для вебсередовища зі збереженням візуальної чіткості ключових деталей шляхом налаштування PBR-матеріалів. Крім того, у Blender будуть налаштовані точні вузли прив'язки (sockets) для модульної збірки, після чого оптимізовані моделі експортуються у формат .glb. На рівні бекенду планується залучення Google Cloud Platform та Firebase. Хмарні сховища Google Cloud забезпечать надійний і швидкий хостинг (CDN) для важких файлів 3D-моделей, а інструменти Firebase дозволять реалізувати безпечну авторизацію користувачів, швидку синхронізацію станів конфігуратора в реальному часі та гнучке управління нереляційними даними каталогу.

Впровадження конфігуратора AAA-рівня дозволить Hristo Airsoft отримати вагому технологічну перевагу на європейському ринку. Це мінімізує помилки при комплектації замовлень на 20% та забезпечить повну окупність розробки всього за 4 місяці за рахунок зростання конверсії та середнього чека.

## Література

1. *Three.js: JavaScript 3D Library documentation* (2026) [online]. URL : <https://threejs.org/docs>.
2. Dirksen J. (2023) *Learn Three.js: Design and build interactive 3D applications with WebGL*, 4<sup>th</sup> ed. Packt Publishing, 564 p.

**УДК 004.056**

## **КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ДОМАШНЬОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ТА МЕТОДІВ ЇЇ ЗАХИСТУ**

**Мельничук Х.В., Чепишка М.В.**

*Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького  
національного університету імені Юрія Федьковича»  
h.melnychuk@chnu.edu.ua*

*The work conducted a study of home local network vulnerabilities using penetration testing methods. Network traffic was studied, password strength was assessed, and open port scanning was performed. The main risks associated with the use of the WPA2 protocol and network equipment settings were identified. Practical recommendations were formulated to increase network security, in particular by implementing modern encryption protocols and configuring security tools.*

Забезпечення безпеки домашніх бездротових мереж є актуальним завданням у зв'язку зі зростанням кількості підключених пристроїв та поширенням мережових атак. Мати знання, навички та вміння налаштувати безпеку своїх пристроїв та даних – прямий обов'язок всіх користувачів.

Метою дослідження є виявлення вразливостей домашньої локальної мережі та розробка практичних рекомендацій щодо підвищення рівня її захищеності.

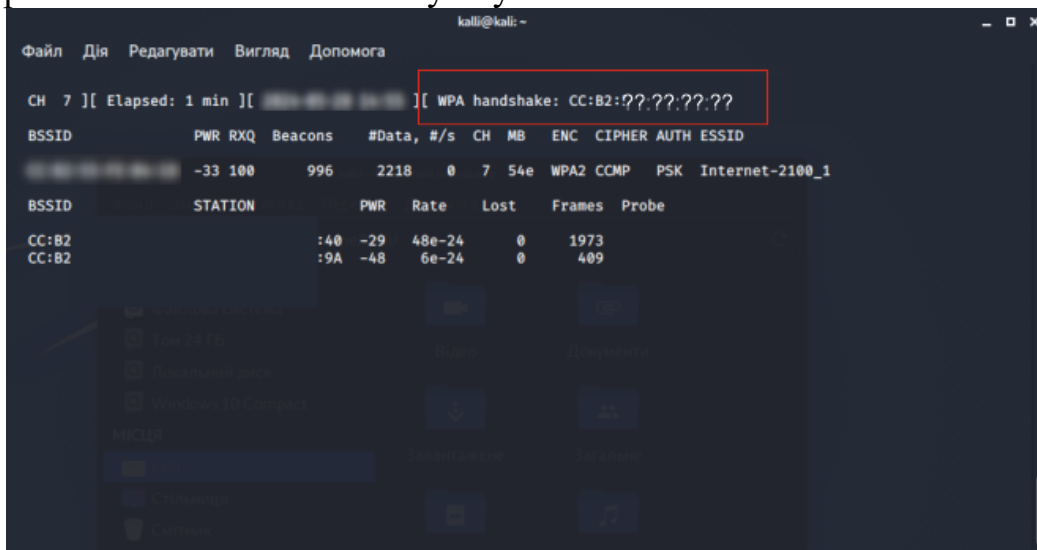
Об'єктом дослідження виступала домашня бездротова локальна мережа, що включає маршрутизатор та декілька клієнтських пристроїв (ноутбук, смартфони, Smart TV). Для проведення дослідження використовувалося інструментальне середовище Kali Linux, оскільки ця операційна система має велику кількість необхідних інструментів, що підходять для тестування безпеки.

З метою виявлення недоліків поточних налаштувань домашньої мережі доцільно провести як пасивний, так і активний збір інформації. На етапі пасивного аналізу застосовано аналізатор мережевого трафіку Wireshark для перехоплення та дослідження пакетів. Активний збір інформації здійснювався за допомогою утиліти Nmap для сканування портів і визначення мережових служб. Для оцінки стійкості паролів використано Aircrack-ng та Hydra, що дозволило перевірити можливість підбору паролів різними методами. Дослідження виконувалося відповідно до загальноприйнятих методик тестування на проникнення.

У ході дослідження було встановлено, що домашня мережа функціонує на базі маршрутизатора D-Link DIR-300 із використанням стандарту WPA2. Аналіз трафіку в режимі моніторингу дозволив отримати такі параметри мережі, як SSID, MAC-адреса точки доступу та канал передачі даних.

В 2017 році було виявлено вразливість в безпеці WPA2, відому як CRACK (Key Reinstallation Attack) – атака перевстановлення ключів. Метод чотиристороннього рукоятискання робить мережі WPA2 вразливими до атак з використанням словників. [1]

У процесі захоплення WPA2 handshake встановлено, що отримання даних автентифікації можливе за умов повторного підключення клієнтів. Зловмисник таким чином може отримати доступ до мережевих даних. З рис.1. можна побачити, що отримання WPA handshake було успішним.



```
kali@kali: ~  
Файл Дія Редагувати Вигляд Допомога  
CH 7 ][ Elapsed: 1 min ][ WPA handshake: CC:B2:??:??:??:??  
BSSID PWR RXQ Beacons #Data, #/s CH MB ENC CIPHER AUTH ESSID  
-33 100 996 2218 0 7 54e WPA2 CCMP PSK Internet-2100_1  
BSSID STATION PWR Rate Lost Frames Probe  
CC:B2 :40 -29 48e-24 0 1973  
CC:B2 :9A -48 6e-24 0 409
```

Рис. 1. Отримання WPA handshake

Наступний етап - перевірка складності пароля. Результати перебору показали, що використання словників не дало змоги визначити пароль, що свідчить про його достатню складність. Водночас підтверджено, що при додаванні правильного значення у словник пароль визначається миттєво, що демонструє вразливість до атак типу brute force за наявності достатніх ресурсів.

Сканування мережі за допомогою Nmap виявило 5 активних пристроїв. На маршрутизаторі були відкриті порти 23 (telnet), 53 (DNS), 80 (HTTP) та 8888, що потенційно створює ризики несанкціонованого доступу. Для пристрою Chromecast зафіксовано відкриті порти 8008, 8009, 8443, 9000, 9080 та 10001, що свідчить про значну кількість активних сервісів.

Аналіз показав, що наявність відкритих портів, використання стандартних налаштувань маршрутизатора та можливість перехоплення handshake є ключовими факторами ризику. Водночас встановлено, що увімкнений міжмережевий екран на окремих пристроях обмежує можливості визначення їх характеристик, що позитивно впливає на загальний рівень безпеки.

Використання протоколу WPA3 (за можливості) є більш доцільним порівняно з WPA2, оскільки він забезпечує підвищений рівень захисту завдяки застосуванню сучасних алгоритмів автентифікації та стійкості до атак, зокрема до перебору паролів і перехоплення трафіку.[2, с. 139]

У результаті дослідження виявлено низку типових вразливостей домашніх мереж, пов'язаних із відкритими портами, особливостями протоколу WPA2 та конфігурацією мережевого обладнання. Практична цінність роботи полягає у розробці рекомендацій щодо підвищення безпеки, зокрема: використання складних паролів, відключення зайвих сервісів, налаштування брандмауера та використання сучасних протоколів шифрування (WPA3). Отримані результати

можуть бути використані для підвищення рівня захищеності домашніх мереж користувачів.

### Список літератури:

1. Wi-Fi Alliance. (2022). Wi-Fi Easy Connect™ Specification v3.0. [Online]. Available at: [https://www.wifi.org/system/files/Wi-Fi\\_Easy\\_Connect\\_Specification\\_v3.0.pdf](https://www.wifi.org/system/files/Wi-Fi_Easy_Connect_Specification_v3.0.pdf)
2. О. О. Михайлова, А. В. Стефанків, Т. І. Наконечний. Аналіз безпеки сучасних протоколів захисту мереж wi-fi: оцінка стійкості протоколу wpa3 під атаки на базі утілити dragonblood. Computer systems and networks. Vol. 6, No. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2024.01.133>
3. Kim D., Solomon M. Fundamentals of Information Systems Security. Jones & Bartlett Learning, 2016.

## РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА З ПРОДАЖУ АВТОЗАПЧАСТИН

**Хмель Д. В., Костіков М. П.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*E-mail: dimaskhmel@gmail.com*

### **Development of an Accounting Information System for an Auto Parts Sales Enterprise**

*The rapid development of information technologies necessitates the automation of business processes for enterprises, especially in areas dealing with large volumes of data. This paper focuses on the development of an information system for automating the accounting processes of an auto parts sales company. The proposed system improves inventory management, order processing, and financial accounting efficiency. The use of modern technologies such as MS SQL Server, T-SQL, and WinForms ensures system reliability, scalability, and usability.*

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій автоматизація бізнес-процесів є невід'ємною складовою ефективного функціонування підприємств.

Особливо актуальним це питання є для підприємств, діяльність яких пов'язана з опрацюванням великих обсягів інформації, зокрема у сфері торгівлі автозапчастинами. Облік товарів, контроль складських залишків, управління замовленнями та фінансовими операціями потребують високої точності, оперативності та надійності, що досить складно забезпечити без використання сучасних інформаційних систем.

Об'єктом цього дослідження є діяльність підприємства з продажу автомобільних запчастин ТОВ «СК Гараж». Станом на зараз підприємство виконує такі основні функції:

- робота з постачальниками та формування закупівель;
- обслуговування клієнтів та оформлення замовлень;
- управління складськими запасами;
- ведення фінансового обліку та звітності.

Аналіз нинішнього стану діяльності підприємства показав наявність ряду проблем, серед яких зокрема:

- відсутність єдиної інтегрованої інформаційної системи;
- використання розрізнених програмних засобів;
- виконання значної частини операцій вручну;
- підвищений ризик помилок при опрацюванні даних;
- низька швидкість опрацювання замовлень.

Результати аналізу засвідчили, що відсутність єдиної інтегрованої інформаційної системи або використання розрізнених програмних засобів не забезпечує повноцінного контролю та автоматизації бізнес-процесів. Частина операцій виконується вручну або з використанням окремих програм, що ускладнює

обробку даних, уповільнює виконання завдань та підвищує ймовірність виникнення помилок. Таким чином, існує об'єктивна необхідність у впровадженні сучасної інформаційної системи.

Метою поданого дослідження є розроблення інформаційної системи, яка забезпечить комплексну автоматизацію основних бізнес-процесів підприємства. Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз предметної області, визначено функціональні вимоги до системи та розроблено структуру бази даних. Після цього реалізовано базу даних із використанням системи керування базами даних Microsoft SQL Server. Також було створено користувацький інтерфейс мовою програмування C# із застосуванням технології WinForms, що забезпечить зручну взаємодію користувача із системою.

Функціональні можливості розробленої системи включають ведення обліку товарів, контроль складських запасів, опрацювання замовлень, формування звітності та збереження інформації про клієнтів і постачальників. Використання мови запитів T-SQL дозволяє ефективно опрацьовувати великі обсяги даних та забезпечує швидкий доступ до необхідної інформації.

Запропонована система дозволить підприємству оптимізувати його бізнес-процеси, зменшити витрати часу на виконання рутинних операцій, підвищити точність обліку та поліпшити якість обслуговування клієнтів. Крім цього, впровадження такої системи посприє підвищенню конкурентоздатності підприємства на ринку.

Отже, розроблення та впровадження інформаційної системи обліку діяльності підприємства з продажу автозапчастин є доцільним та ефективним рішенням, яке дозволить значно покращити управління ресурсами та забезпечити стабільний розвиток підприємства в умовах цифрової трансформації економіки.

## Література

1. Elmasri R., Navathe S. (2016) *Fundamentals of Database Systems*, 7<sup>th</sup> ed. Hoboken, NJ : Pearson, 1273 p.
2. Microsoft (2026) *SQL Server technical documentation* [online]. URL : <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/sql-server/?view=sql-server-ver17>.
3. Sommerville I. (2015) *Software Engineering*, 10<sup>th</sup> ed. Edinburgh : Pearson, 812 p.
4. Беценко Н. О., Костіков М. П. (2024) Підсистема підтримки та контролю діяльності автотранспортного підприємства, *Матер. 1-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні системи та технології: результати та перспективи»*, 6 бер. 2024 р., К. : ФІТ КНУТШ, с. 332–333.
5. Титечко М. В., Костіков М. П. (2020) Розроблення web-системи для контролю та синхронізації інформації про товари на складі, *Матер. VII Міжнар. наук.-техн. Internet-конф. «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами»*, 26 листоп. 2020 р. К. : НУХТ, с. 288–289.

## **ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОКОЛЬОРОВОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У ПІДВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Шумейко К.П.

Національний університет «Одеська політехніка»

[kshumeyko@gmail.com](mailto:kshumeyko@gmail.com)

### **Use Of Multicolor Lighting In Order To Improve The Efficiency Of Object Recognition In The Underwater Environment**

This work considers the use of multicolor lighting as a means of improving underwater object recognition efficiency. The relevance of the study is caused by the degradation of underwater images due to light absorption, scattering, contrast reduction, and color distortion. It is shown that illumination with different spectral components can increase the informativeness of the acquired images and improve the extraction of object features. The use of sequential or adaptive multicolor illumination is considered a promising approach for underwater computer vision systems, particularly in combination with modern recognition algorithms and deep learning methods.

Підводне розпізнавання об'єктів є важливим завданням комп'ютерного зору, що має практичне значення для інспекції гідротехнічних споруд, екологічного моніторингу, навігації автономних підводних апаратів і пошуково-обстежувальних робіт. Однак ефективність оптичних систем у водному середовищі істотно знижується через поглинання та розсіювання світла, зменшення контрасту, колірні спотворення і нерівномірне штучне освітлення. Сучасні дослідження у сфері підводної оптичної візуалізації та детекції об'єктів виокремлюють деградацію зображення як одну з основних причин зниження точності алгоритмів розпізнавання [1, 2].

Метою роботи є дослідження можливостей використання багатокольорового освітлення для підвищення інформативності підводних зображень та точності автоматизованого розпізнавання об'єктів.

Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї проблеми є керування спектральним складом освітлення на етапі отримання відео зображення. На відміну від підходів, що ґрунтуються лише на подальшій програмній корекції, багатокольорове підсвічування дає змогу формувати більш інформативне зображення ще на стадії реєстрації сцени, але у свою чергу призводить звичайно до ускладнення обладнання та значних витрат обчислювальних та енергетичних ресурсів. Це особливо важливо у підводному середовищі, де різні ділянки видимого спектра поширюються неоднаково: довгохвильове випромінювання послаблюється швидше, тоді як синьо-зелена область зазвичай має кращу проникну здатність [3]. Завдяки цьому послідовне або комбіноване підсвічування різними кольорами може використовуватися для підсилення контрасту, виділення характерних ознак

матеріалів і поліпшення розрізняюваності об'єктів, які за звичайного широкопсмугового освітлення мають подібний вигляд. Такий підхід є особливо доцільним на малих і середніх дистанціях спостереження, де втрати випромінювання ще не повністю нівелюють спектральні відмінності. У результаті різнокольорове підсвічування може розглядатися як засіб підвищення якості вхідних даних для подальшого виявлення, класифікації та розпізнавання підводних об'єктів.

З погляду розпізнавання об'єктів використання освітлення різними кольорами становить практичний інтерес, оскільки різні спектральні діапазони по-різному підкреслюють контури, текстуру та локальні відбивні властивості поверхні. Синє та зелене підсвічування є ефективнішим для спостереження на більших відстанях, тоді як червоне, попри сильніше затухання, може бути корисним на малих дистанціях для виділення окремих елементів об'єкта. У результаті послідовне знімання за кількох кольорів освітлення або адаптивний вибір спектра підсвічування дають змогу отримати набір взаємодоповнювальних зображень однієї сцени [3].

Такі дані можуть використовуватися в системах розпізнавання кількома способами. Пропонується застосування попередньої обробки кожного каналу з подальшим об'єднанням інформативних ознак. Також, отримані зображення, за різних кольорів підсвічування, можуть подаватися на вхід нейромережевої моделі як багатоканальне подання сцени. У такому разі модель отримує можливість вилучати стійкіші ознаки форми, меж і структури об'єкта, менш чутливі до завад, зумовлених каламутністю води та нерівномірним освітленням. З огляду на те, що сучасні методи підводної детекції тісно пов'язані з якістю вхідного зображення, використання багатокольорового освітлення слід розглядати не лише як апаратний, а і як алгоритмічно значущий засіб підвищення точності розпізнавання [2].

Слід зазначити, що ефективність такого підходу залежить від типу води, концентрації завислих частинок, відстані до об'єкта, потужності джерел світла та режиму знімання. Тому актуальним завданням є розроблення адаптивних систем підсвічування, у яких вибір спектрального режиму здійснюється з урахуванням поточних умов спостереження. Перспективним напрямом подальших досліджень є спільна оптимізація схеми освітлення та моделі розпізнавання, за якої параметри підсвічування добираються з орієнтацією на максимізацію точності детекції та класифікації підводних об'єктів.

Отже, використання багатокольорового освітлення є перспективним напрямом розвитку підводних систем комп'ютерного зору. Його застосування дає змогу підвищити інформативність зображень на етапі знімання, зменшити вплив спектральних спотворень водного середовища та створити більш сприятливі умови для подальшого розпізнавання об'єктів. Це робить такий підхід актуальним для побудови інтелектуальних підводних систем спостереження нового покоління.

## Література

1. Hao Y., Yuan Y., Zhang H., Zhang Z. Underwater Optical Imaging: Methods, Applications and Perspectives. *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16, No. 20. P. 3773. DOI: 10.3390/rs16203773.
2. Xu S., Zhang M., Song W., Mei H., He Q., Liotta A. A systematic review and analysis of deep learning-based underwater object detection. *Neurocomputing*. 2023. Vol. 527. P. 204–232. DOI: 10.1016/j.neucom.2023.01.056.
3. Quan X., Wei Y., Li B., Liu K., Li C., Zhang B., Yang J. The Color Improvement of Underwater Images Based on Light Source and Detector. *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 2. P. 692. DOI: 10.3390/s22020692.

## АРХІТЕКТУРНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ ПЛАТФОРМ АВТОМАТИЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ BACKEND-ЧАСТИНИ ДОДАТКІВ

**Шевченко Ю.О.**

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків  
yuliia.shevchenko@student.karazin.ua

### ARCHITECTURAL APPROACHES TO CONSTRUCTING PLATFORMS FOR AUTOMATIC GENERATION OF BACKEND APPLICATION PARTS

**Abstract.** This paper considers several approaches to building platforms for automatic backend generation. It includes template-based generators, model-driven development tools, and solutions based on large language models. The methods are assessed according to their extensibility, reliability, and practical usability. Following the analysis, a layered reference architecture is proposed. This architecture combines a domain-specific language (DSL) with a modular code generation backend. This approach helps improve flexibility and simplifies adapting the system to different technology stacks.

**Вступ.** Із зростанням попиту на програмні рішення збільшується і темп їх розробки. Ручне написання типових backend-компонентів усе частіше гальмує процес розробки. Тому автоматизація цього процесу стає необхідною. Без неї складно пришвидшити розробку і зменшити витрати на подальшу підтримку. Ручна реалізація таких перетворень часто призводить до розбіжностей між різними частинами системи. Тому автоматизація частково допомагає стандартизувати і вирівняти підходи. Метою цієї роботи було дослідити підходи для побудови таких платформ, і визначити перспективний архітектурний підхід до побудови платформ автоматичної генерації backend-компонентів.

**Матеріали та методи.** Для аналізу було відібрано кілька поширених інструментів генерації backend-частини додатка. Розглядалися OpenAPI Generator [1], JHipster і підходи на основі Yeoman-scaffolding, а також новіші рішення, що спираються на великі мовні моделі. Ці інструменти були обрані, бо вони представляють різні підходи до побудови таких систем.

**Результати та обговорення.** У результаті аналізу вдалося визначити три ключові архітектурні підходи до побудови платформ генерації backend-частини додатка. На практиці ці підходи комбінуються між собою.

Перший підхід – шаблонний. Платформи цього класу, такі як Yeoman або Cookiecutter, працюють за принципом підстановки потрібних параметрів у готові текстові шаблони. Головною перевагою є простота та очікуваність результату. Але зі збільшенням кількості підтримуваних технологічних стеків, супроводжувати ці шаблони стає важче. Шаблони починають дублюватися, тому і масштабувати систему стає складно.

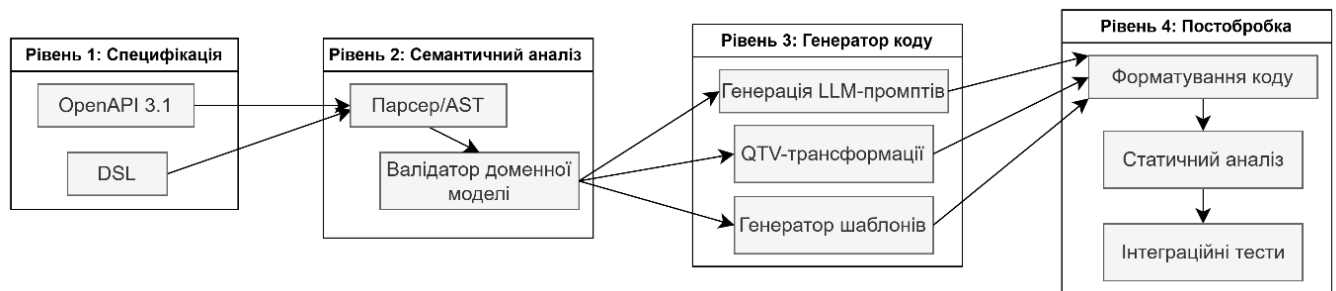
Другий підхід – модельно-орієнтований. Наприклад, інструменти JHipster та Eclipse Xtext базуються на ідеї платформонезалежної моделі, яку потім

перетворюють у модель під конкретну платформу. Це дозволяє повторно використовувати моделі, однак вимагає значних початкових витрат на розробку.

Третій підхід – використання LLM. Такі моделі сьогодні можуть генерувати програмні сервіси на основі текстового опису. Переважно вигідно, коли необхідно швидко отримати базову реалізацію без глибокого проектування з нуля. Але результат сильно залежить від того, як саме сформульований запит. А також від того, наскільки модель правильно інтерпретує вимоги. Через це отриманий код виходить неповним або містить логічні неточності. Тому після генерації зазвичай проводиться перевірка коду, запуск тестів. Тому LLM-підхід радше доповнює розробку на певних етапах[4].

На основі розглянутих переваг і недоліків описано чотирирівневу архітектуру (рис. 1), що реалізує конвеєрний підхід. У моделі кожен рівень відповідає за окремий етап перетворення від опису системи до коду. На першому рівні задається структура майбутнього застосунку без прив'язки до конкретної реалізації. Далі виконується семантичний аналіз із побудовою проміжної моделі та перевіркою коректності доменної структури, щоб не переносити помилки на етап генерації. Третій рівень забезпечує генерацію коду з використанням одного з трьох підходів: шаблонного, модельних трансформацій або LLM. На останньому рівні виконуються форматування, статичний аналіз і базові тести, що дозволяє зменшити кількість помилок у фінальному коді. Загалом архітектура розділяє процес на послідовні етапи, що спрощує підтримку та розширення системи.

Рис. 1. Чотирирівнева архітектура платформи генерації backend



**Висновки.** У роботі розглянуто основні методи автоматизації розробки backend-частини додатків. Після аналізу найбільш перспективним напрямком виявилася гібридна архітектура через поєднання MDA та LLM. Ця модель може бути основою для подальшого проектування low-code та no-code систем. Водночас окремої уваги потребують методи перевірки коду, який генерується мовними моделями, оскільки саме цей етап визначає практичну придатність таких підходів.

### Список літератури

1. OpenAPI Specification 3.1.0 / OpenAPI Initiative. 2021. URL: <https://spec.openapis.org/oas/v3.1.0> (дата звернення: 12.04.2026).
2. Netz L., Michael J., Rumpe B. From Natural Language to Web Applications: Using Large Language Models for Model-Driven Software Engineering. Modellierung 2024. Bonn : Gesellschaft für Informatik e.V., 2024. P. 179–195.
3. AI-based and Model-driven Methods to Guide Citizens through Processes in the Public Sector / F. Schreiber [et al.]. CEUR Workshop Proceedings. 2025. Vol. 4122. P. 1–12.

4. Ying Z., Towey D., Zhang Y. Evaluation of the Code Generated By Large Language Models: The State of the Art. 2025 IEEE 49th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC). Toronto, 2025. P. 440–449.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ МЕТОДАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

аспірант Кривець О.Ю., доцент, к.т.н. Харкянен О.В.  
Національний університет харчових технологій,  
Київ, Україна

*The paper addresses the development of an intelligent decision support system based on the analysis of regulatory documentation. A modular system architecture is proposed, integrating artificial intelligence methods such as natural language processing (NLP), large language models (LLM), semantic search, and the Retrieval-Augmented Generation (RAG) approach, along with feedback learning for system adaptation.*

*The system includes modules for document processing, knowledge base formation, monitoring data analysis, recommendation generation, validation, risk assessment, context formation, and feedback. It transforms unstructured regulatory texts into structured knowledge and generates recommendations based on current conditions, context, and relevant rules.*

*The proposed model improves the accuracy, consistency, and efficiency of decision-making and provides a foundation for adaptive intelligent systems in various application domains.*

*Вступ.* В умовах підвищеної складності виробничих процесів та зростання кількості нормативної документації виникає необхідність створення інтелектуальних систем, здатних автоматизувати процес прийняття рішень.

*Матеріали і методи.* Об'єктом дослідження є процес формалізації знань та формування рекомендацій у інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень (ІСППР) на основі використання нормативної документації. У роботі використано модульний підхід до побудови інформаційної системи, методи системного аналізу та штучного інтелекту, а саме, методи обробки природної мови (NLP), мовні моделі типу «Трансформер» (LLM), методи пошуку за змістом (semantic search), метод Retrieval-Augmented Generation (RAG), методи навчання на основі зворотного зв'язку (feedback learning).

*Результати і обговорення.* Запропоновано формалізовану модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, яка складається із взаємопов'язаних модулів: обробки нормативної документації, формування бази знань, аналізу даних моніторингу, генерації рекомендацій, валідації, оцінки ризику, формування контексту та зворотного зв'язку.

Модуль обробки документації забезпечує перетворення текстових даних у структуровані знання, а модуль формування бази знань впорядковує знання для організації швидкого пошуку. Формування рекомендацій виконується з урахуванням бази знань, поточної ситуації та контексту використання системи із застосуванням методів штучного інтелекту. Зокрема, підхід RAG

використовується для поєднання пошуку релевантних фрагментів нормативної документації з генерацією відповідей, а мовні моделі - для розуміння тексту, узагальнення інформації та формування рекомендацій користувачу. Метод семантичного пошуку призначений для знаходження необхідних правил і інструкцій у базі знань, що відповідають поточній ситуації. Модуль валідації забезпечує перевірку сформованих рекомендацій на основі продукційних правил і логічного висновку. Модуль зворотного зв'язку забезпечує адаптацію системи шляхом коригування ваг правил, оновлення бази знань та донавчання моделей із використанням підходів *feedback learning*.

*Висновки.* Розроблена модель ІСППР забезпечує інтеграцію нормативної документації, даних моніторингу та контекстної інформації, що дозволяє підвищити точність, обґрунтованість і оперативність прийняття рішень.

### **Література**

1. Hoque M.E. (2025), Integrated AI-Based Decision Support Systems for Disaster Management, *Journal of Computer Science and Technology Studies*.
2. Lewis P. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *NeurIPS*, 2020.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**Петренко Ю.О.,**

*викладач вищої категорії, викладач-методист  
Кам'янський енергетичний фаховий коледж*

### **Modern Technologies And Architectural Solutions Of Computer Engineering**

The paper examines modern technologies and architectural solutions in computer engineering. It highlights key trends such as cloud computing, edge computing, artificial intelligence, and microservice architecture. Special attention is given to distributed and serverless systems, as well as heterogeneous computing approaches that improve performance and energy efficiency. The advantages and challenges of these technologies, including scalability, security, and system complexity, are analyzed. The study also outlines future directions, such as quantum computing and neuromorphic processors. Overall, modern computer engineering plays a crucial role in developing efficient, scalable, and intelligent systems for the digital society.

Сучасний розвиток інформаційних технологій визначає новий підхід до проектування комп'ютерних систем та їх архітектури. Як міждисциплінарна галузь комп'ютерна інженерія поєднує апаратне та програмне забезпечення для створення високопродуктивних, масштабованих та енергоефективних систем. Важливість досліджень визначається швидким розвитком цифрових технологій, збільшенням обсягів даних, поширенням розподілених систем і необхідністю забезпечення швидкої обробки інформації в режимі реального часу.

Одним із ключових напрямів сучасної комп'ютерної техніки є хмарні обчислення, які надають обчислювальні ресурси у вигляді сервісів через Інтернет. Основними моделями хмарних сервісів є IaaS, що забезпечує базову інфраструктуру (сервери, мережі, зберігання даних), PaaS, що забезпечує середовище для розробки та тестування програмного забезпечення, і SaaS, що дозволяє використовувати готові програмні продукти через браузер. Хмарні платформи, такі як AWS, Microsoft Azure та Google Cloud, забезпечують автоматичне масштабування ресурсів на основі робочого навантаження, високої доступності та відмовостійкості. Крім того, використання хмарних технологій дозволяє скоротити капітальні витрати, пов'язані зі створенням власної інфраструктури, та оптимізувати операційні витрати. Водночас виникають питання безпеки даних, залежності від постачальників і необхідності ефективного управління ресурсами.

Разом з хмарними обчисленнями активно розвивається концепція Edge Computing, яка передбачає обробку даних безпосередньо на межі мережі, ближче до джерела їх генерації. Це особливо важливо для систем, де затримка критична, наприклад, безпілотних транспортних засобів, медичних систем або систем

промислової автоматизації. Edge Computing дозволяє зменшити обсяг даних, що надсилаються в хмару, збільшити швидкість реагування систем і забезпечити більшу автономність пристроїв. Однак реалізація таких рішень вимагає додаткових обчислювальних ресурсів на периферійних пристроях, а також вирішення проблем безпеки та синхронізації даних між вузлами.

Важливу роль у розвитку комп'ютерної техніки відіграють штучний інтелект і машинне навчання, які дозволяють створювати інтелектуальні системи, здатні до самонавчання та адаптації. Сучасні алгоритми машинного навчання, зокрема нейронні мережі та глибоке навчання, використовуються для аналізу великих обсягів даних, розпізнавання шаблонів, обробки природної мови, прогнозування та автоматизації складних процесів. Інтеграція штучного інтелекту з комп'ютерними системами дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень, зменшити вплив людського фактору та оптимізувати використання ресурсів. Однак використання таких технологій потребує значних обчислювальних потужностей, які часто реалізуються за допомогою графічних процесорів і спеціалізованих прискорювачів.

Серед сучасних архітектурних підходів особливе місце займає мікросервісна архітектура, яка передбачає поділ програмної системи на незалежні модулі або сервіси, кожен з яких виконує окрему функцію. Такий підхід дозволяє розробникам самостійно оновлювати, масштабувати та тестувати окремі компоненти системи, що значно підвищує гнучкість розробки та надійність програмного забезпечення. Архітектура мікросервісів широко використовується у великих веб-системах і корпоративних додатках, де важливо забезпечити безперервність бізнесу і швидкість впровадження змін. Водночас це ускладнює управління системою, оскільки виникає необхідність організації взаємодії багатьох служб і забезпечення їх злагодженої роботи.

З розвитком архітектури мікросервісів стали широко використовуватися технології контейнеризації та оркестровки. Контейнери дозволяють пакувати програмне забезпечення та всі його залежності в ізольоване середовище, що забезпечує узгодженість між платформами. Системи оркестровки, такі як Kubernetes, автоматизують розгортання, масштабування та керування контейнерами, що значно спрощує роботу складних розподілених систем. Контейнеризація також сприяє більш ефективному використанню обчислювальних ресурсів і збільшує швидкість розгортання додатків.

Традиційна архітектура «клієнт-сервер» зазнала значних змін, розвиваючись у бік багаторівневих і розподілених систем. Сучасні рішення часто використовують безсерверний підхід, що дозволяє розробникам зосередитися на логіці додатків, делегуючи управління інфраструктурою хмарному провайдеру. Це забезпечує автоматичне масштабування та скорочення витрат, оскільки ви платите лише за фактично використані ресурси. Водночас такі підходи вимагають нового підходу до проектування системи та врахування обмежень, пов'язаних із реалізацією функцій у хмарному середовищі.

Особлива увага приділяється гетерогенним обчисленням, які передбачають використання різних типів процесорів, таких як центральні процесори, графічні процесори, програмовані логічні інтегральні схеми та спеціалізовані інтегральні

схеми. Такий підхід дозволяє оптимізувати виконання різного роду завдань, підвищити ефективність системи та знизити енергоспоживання. Наприклад, графічні процесори ефективно використовуються для паралельних обчислювальних завдань, особливо в машинному навчанні, тоді як FPGA дозволяють реалізувати спеціалізовані алгоритми на високих швидкостях.

Незважаючи на значні переваги сучасних технологій, комп'ютерна інженерія стикається з низкою проблем. Одним із найважливіших є забезпечення кібербезпеки, оскільки зростання кількості підключених пристроїв збільшує ризик кібератак. Крім того, складність сучасних систем ускладнює їх інтеграцію та управління, що вимагає розробки нових методів моніторингу та адміністрування. Іншою істотною проблемою є обробка великих обсягів даних, що вимагає ефективних алгоритмів і потужних обчислювальних ресурсів. Важливим фактором залишається освіта висококваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з сучасними технологіями.

Перспективи розвитку комп'ютерної інженерії пов'язані з впровадженням передових технологій, таких як квантові обчислення, здатні суттєво змінити підхід до обробки інформації, нейроморфних процесорів, що імітують роботу людського мозку. Також очікується подальший розвиток автономних систем, здатних працювати без втручання людини, і повна автоматизація ІТ-інфраструктур. У майбутньому ці технології дозволять створювати більш ефективні, інтелектуальні та адаптивні системи.

Тому сучасні технології та архітектурні рішення комп'ютерної техніки відіграють ключову роль у формуванні цифрового суспільства. Їх розвиток сприяє підвищенню продуктивності, масштабованості та надійності комп'ютерних систем, а також відкриває нові можливості для інновацій у різних сферах діяльності.

Для початкового пошуку літератури та формування структури огляду використовувався штучний інтелект ChatGPT, який допомагав систематизувати джерела. Остаточний аналіз літератури та написання тексту виконано автором самостійно.

### **Перелік літературних джерел**

1. Основи комп'ютерної інженерії: навчальний посібник. [для здобувачів першого (бакалаврський) рівня вищої освіти галузі знань F «Інформаційні технології»] / Уклад.: Л.В. Бубенцова, О.В. Цира. Одеса: ДУІТЗ (Електр. вид. <https://metod.suitt.edu.ua>), 2025. 53 с.
2. Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали IV Всеукраїнської наук.-практ. Інтернет-конф. (09-20 грудня 2024 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. 205 с.
3. <https://chatgpt.com/uk-UA/>

## АНАЛІЗ ДОСТУПНОСТІ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ 1 ТИПУ

Поліщук Ю.О., Грибков С. В.

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

E-mail: yuripolishchuk1@gmail.com

### ACCESSIBILITY ANALYSIS OF MOBILE APPLICATIONS FOR TYPE 1 DIABETES MANAGEMENT

*An accessibility evaluation of six mobile applications for Type 1 diabetes management is presented. The methodology combines Google Accessibility Scanner analysis and Android accessibility tree inspection. Research shows that non-commercial applications demonstrate better accessibility metrics due to the usage of native UI frameworks.*

Цукровий діабет 1 типу (ЦД1) є одним із найбільш складних хронічних захворювань, що зумовлено необхідністю постійного самоконтролю рівня глюкози в крові, з чим велика кількість пацієнтів не здатна впоратися самостійно. З метою підвищення ефективності самоконтролю розробляється значна кількість програмних засобів, результативність яких значною мірою залежить від рівня доступності інтерфейсу для різних категорій користувачів.

Доступність мобільних застосунків для контролю хронічних захворювань є критично важливою через необхідність адаптації інтерфейсів до різних властивостей користувачів. Неадаптовані інтерфейси знижують ефективність контролю та створюють додаткові ризики.

Мета дослідження — оцінити рівень доступності мобільних застосунків для управління цукровим діабетом 1 типу (ЦД1), встановити залежність між використаним UI-фреймворком та рівнем доступності, а також порівняти застосунки з відкритим кодом і сертифіковані комерційні рішення.

Було обрано шість застосунків для Android: три з відкритим кодом (xDrip+, Diaguard, AndroidAPS) та три комерційні (Diabetes:M, mySugr, SocialDiabetes). Проаналізовано 18 інтерфейсних екранів (головний, форма введення даних, налаштування). Застосунок Jugglucio виключено через використання SurfaceView, що робить його інтерфейс недоступним для служб доступності Android. Оцінювання доступності виконано за допомогою Google Accessibility Scanner (перевірка розміру елементів  $\geq 48$  dp, текстових міток, контрастності тексту  $\geq 4,5:1$ , графіки  $\geq 3:1$ , масштабованих одиниць sp). Дерево доступності досліджено утилітою `uiautomator dump` для виявлення елементів без текстових описів для TalkBack. UI-фреймворки ідентифіковано аналізом dex-файлів APK. Для пошуку джерел та розробки скриптів використано Claude Opus 4.6, результати верифіковано автором.

Аналіз APK-файлів дозволив встановити спектр використаних UI-фреймворків (табл. 1). Зокрема, застосунки xDrip+, Diaguard та Diabetes:M реалізовані на основі нативних Android Views. Застосунок mySugr використовує гібридний підхід, поєднуючи XML-розмітку з компонентами Jetpack Compose на

окремих екранах. Водночас SocialDiabetes та AndroidAPS переважно базуються на Jetpack Compose.

Таблиця 1 – UI-фреймворки досліджених додатків

Додаток	UI-фреймворк	Тип
xDrip+	Native Android Views	Open-source
Diaguard	Native Android Views	Open-source
Diabetes:M	Native Android Views	Комерційний
mySugr	Hybrid (Native + Compose)	Комерційний
SocialDiabetes	Jetpack Compose	Комерційний
AndroidAPS	Jetpack Compose	Open-source
Juglucio	SurfaceView (Canvas)	Open-source

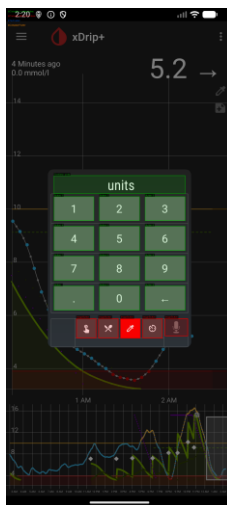


Рисунок 1 – Візуалізація дерева доступності xDrip+: зелені рамки — доступні елементи, червоні — без текстового опису

Результати аналізу засвідчили, що всі досліджувані застосунки мають проблеми доступності, проте рішення, реалізовані на основі нативних фреймворків, загалом демонструють кращі показники завдяки вбудованій семантичній підтримці компонентів Android, що коректно інтерпретуються засобами екранного озвучення, зокрема TalkBack. Водночас окремі елементи (наприклад, ImageButton) все ще потребують додаткового налаштування текстових описів.

На відміну від нативного підходу, Jetpack Compose, Flutter та React Native, як правило, вимагають явного задання семантичних властивостей інтерфейсу, що часто не реалізується належним чином.

Проведений аналіз дозволив класифікувати виявлені проблеми за рівнем критичності. До критичних належить повна недоступність інтерфейсу, як у випадку застосунку Juglucio, який використовує компонент SurfaceView для рендерингу інтерфейсу через Canvas в обхід стандартних механізмів операційної системи Android. Унаслідок цього елементи інтерфейсу не відображаються в дереві доступності, що унеможливлює використання засобів екранного озвучення.

До проблем високої критичності належить відсутність текстових міток для графічних інтерактивних елементів. Наприклад, у застосунку mySugr елементи вибору прийомів їжі не мають текстових описів, що унеможливлює їх

ідентифікацію користувачами екранних зчитувачів. Аналогічні недоліки виявлено у навігаційних елементах застосунку SocialDiabetes.

Проблеми середньої критичності включають недостатній контраст тексту (нижче вимог WCAG 2.1 — 4,5:1) та недостатній розмір інтерактивних областей (менше 48 dp). Такі недоліки особливо характерні для інтерфейсів із кастомізованим дизайном. Вони набувають критичного значення в умовах гіпоглікемії, коли погіршуються моторні та зорові функції користувача. Зокрема, аналіз інтерфейсу застосунку SocialDiabetes засвідчив наявність значної кількості порушень доступності, що охоплюють більшість елементів екрану.



Рисунок 2 – Результати Google Accessibility Scanner для SocialDiabetes: оранжеві рамки позначають проблемні елементи

До менш критичних проблем належить використання одиниці dp замість sp для розміру тексту, що блокує системне масштабування шрифтів — Diabetes:M та SocialDiabetes є найбільшими проблемними в даному аспекті. При створенні дизайну застосунку, розробники часто фіксують розмір шрифтів та інших елементів інтерфейсу задля забезпечення консистентного та “гарного” вигляду, але вони не враховують, що люди з порушенням зору збільшують системний шрифт, щоб розгледіти дрібний текст на маленькому екрані.

Систематична оцінка доступності шести мобільних додатків для управління ЦД1 виявила значні проблеми у всіх протестованих додатках. Встановлено, що розробники не можуть перекласти відповідальність за доступність інтерфейсу на фреймворки, тому цьому потрібно приділяти увагу ще при розробці початкового дизайну, а потім постійно тестувати застосунок на нові проблеми.

Результати оцінки виявили парадоксальну ситуацію: безкоштовні додатки з відкритим кодом систематично мають менше проблем, ніж комерційні медичні вироби. xDrip+, Diaguard та AndroidAPS демонструють значно кращі показники, ніж сертифіковані SocialDiabetes та mySugr. Утім, це скоріше за все пояснюється вибором фреймворку — у даній вибірці open-source рішення використовують нативні елементи інтерфейсу, тоді як комерційні — гібридний підхід.

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ У ХМАРНИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ

**Толочин М.О.** – аспірант кафедри «Комп’ютерних та інформаційних технологій і систем», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна;

e-mail: [younglilmixa@gmail.com](mailto:younglilmixa@gmail.com); ORCID Author ID: <http://orcid.org/0000-0002-7227-9472>;

**Здоренко Ю.М.** – доцент кафедри «Комп’ютерних та інформаційних технологій і систем», Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна;

e-mail: [zdorenkoviti@gmail.com](mailto:zdorenkoviti@gmail.com); ORCID Author ID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-771X>, Scopus Author ID: 57188762885

## ANALYSIS OF NEURO-FUZZY MODELS APPLICATION FOR WORKLOAD PREDICTION IN CLOUD INFRASTRUCTURES

**Abstract.** The paper analyzes the applicability of neuro-fuzzy models for workload prediction in cloud computing environments. The relevance is determined by the need for efficient resource management under dynamic and uncertain conditions. The study considers ANFIS as a promising approach that combines fuzzy logic and neural networks. Possible extensions of availability metrics and their integration into cloud resource management systems are discussed.

**Вступ.** Сучасні хмарні інфраструктури є основою функціонування значної кількості інформаційних систем, включаючи корпоративні сервіси, аналітичні платформи та державні цифрові ресурси. Їх ефективність значною мірою залежить від здатності адаптуватися до змінного навантаження [1], яке характеризується сильною нерівномірністю, а саме: наявністю пікових значень та високою варіативністю.

Традиційні підходи до управління обчислювальними ресурсами у хмарних середовищах базуються на використанні фіксованих порогових значень або простих статистичних моделей. Однак такі підходи не враховують невизначеність, нелінійність та складні взаємозв’язки між параметрами системи, що може призводити до неефективного використання ресурсів або перевантаження серверів [1].

У зв’язку з цим актуальним напрямом досліджень є застосування інтелектуальних методів для рішення задач управління ресурсами, зокрема нейро-нечітких моделей, які дозволяють поєднати можливості нечіткої логіки та методів машинного навчання. Метою роботи є аналіз можливостей використання таких підходів для прогнозування навантаження для управління розподілом обчислювальних ресурсів у хмарних інфраструктурах.

У роботі розглядається підхід до прогнозування навантаження на обчислювальні ресурси хмарної інфраструктури з використанням адаптивної нейро-нечіткої системи виводу (ANFIS) [2]. Така модель поєднує структуру нечіткої системи типу Такагі-Сугено з механізмами навчання нейронних мереж, що дозволяє враховувати як експертні знання, так і попередньо накопичені статистичні дані.

Вхідними параметрами моделі можуть виступати показники стану системи, а саме:

- рівень завантаження процесора (CPU);
- обсяг використаної оперативної пам'яті (RAM);
- інтенсивність операцій введення-виведення (I/O);
- параметри мережевого трафіку (завантаженість мережі);
- швидкість зміни навантаження [2].

Для аналізу рівня використання обчислювальних ресурсів доцільно застосовувати часові ряди, що відображають динаміку навантаження серверів у різні періоди часу. Оцінювання ефективності прогнозування може здійснюватися за допомогою стандартних метрик, таких як середньоквадратична похибка (MSE), середня абсолютна похибка (MAE) та інші [3].

Також розглядається можливість використання нечітких моделей для оцінювання стану системи, що дозволяє перейти від бінарного підходу (доступний/недоступний сервіс) до більш гнучкої оцінки ступеня працездатності.

Аналіз сучасних підходів до управління хмарними ресурсами показує, що класичні метрики доступності базуються на оцінюванні часу простою системи. Такий підхід не враховує станів, коли система формально доступна, але її продуктивність суттєво знижена через перевантаження або інші фактори [3].

У цьому контексті доцільним є розгляд розширених метрик доступності, які враховують не лише факт доступності, але й якість обслуговування. Одним із можливих напрямів є використання функції стану системи, значення якої може визначатися на основі нечіткої логіки або нейро-нечітких моделей:

$$S(t) \in [0, 1],$$

де значення  $S(t)$  відображає ступінь працездатності системи у момент часу  $t$  [4];

$S(t) = 1$  – система повністю працездатна;

$S(t) = 0$  – система недоступна;

$0 < S(t) < 1$  – часткова деградація продуктивності.

На основі цього може бути запропоновано узагальнену метрику доступності [4]:

$$A^* = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T S(t),$$

де  $A^*$  – інтегральна (узагальнена) доступність системи з урахуванням якості обслуговування;

$T$  – загальна кількість часових інтервалів спостереження;

$S(t)$  – значення функції стану системи у момент часу  $t$ .

$t$  – поточний часовий інтервал [4].

Використання нейро-нечітких моделей, зокрема ANFIS, дозволяє формувати оцінку з урахуванням багатьох параметрів системи та їх взаємозв'язків. Це відкриває можливість переходу від статичних правил управління ресурсами до адаптивних підходів [5]. Крім того, перспективним є застосування прогнозування навантаження для підтримки механізмів автоматичного масштабування (autoscaling). У цьому випадку модель може використовуватися для оцінювання майбутнього стану системи:

$$S(t + \Delta t) = F^*(x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_4(t), x_5(t)),$$

де  $\Delta t$  – горизонт прогнозування;

$S(t+\Delta t)$  – прогнозоване значення стану системи;

$F^*$  – інтелектуальна функція оцінювання стану системи (може реалізовуватись на основі нечіткої логіки, нейронних мереж або нейро-нечітких моделей);

$x_1(t)$  – рівень використання CPU;

$x_2(t)$  – використання оперативної пам'яті (RAM);

$x_3(t)$  – інтенсивність операцій введення-виведення (I/O);

$x_4(t)$  – параметри мережевого навантаження (Network);

$x_5(t)$  – швидкість зміни навантаження ( $\Delta$ Load).

що дозволяє приймати рішення щодо виділення або звільнення ресурсів завчасно [4].

Аналіз показує, що поєднання механізмів прогнозування навантаження та нечіткої оцінки стану системи може сприяти:

- зменшенню ризику перевантажень;
- підвищенню ефективності використання ресурсів;
- покращенню якості обслуговування користувачів;
- оптимізації витрат на обчислювальні ресурси [6, 9].

Таким чином, нейро-нечіткі моделі можуть розглядатися як перспективний інструмент для побудови інтелектуальних систем управління хмарною інфраструктурою.

**Висновки.** Проведений аналіз показав доцільність застосування нейро-нечітких моделей для прогнозування навантаження у хмарних інфраструктурах. Визначено, що використання ANFIS дозволяє враховувати невизначеність та нелінійність параметрів системи. Запропоновано підхід до розширення метрики доступності з урахуванням ступеня працездатності системи. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальших досліджень у сфері інтелектуального управління обчислювальними ресурсами.

## Література

1. Gill S., Buyya R. Resource management in cloud computing: State of the art and future directions. *Future Generation Computer Systems*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.09.020>
2. Gill S., Tuli S., Xu M. Transformative effects of artificial intelligence on cloud resource management. *Future Generation Computer Systems*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.10.015>

3. Mell P., Grance T. The NIST definition of cloud computing. Gaithersburg: NIST, 2020. 7 p. DOI: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>
4. Деякі питання надання та використання хмарних послуг та/або послуг центру обробки даних постановва Кабінету міністрів України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/154-2025-%D0%BF#Text>
5. Armbrust M., Fox A., Griffith R., Joseph A.D., Katz R., Konwinski A. et al. A view of cloud computing. *Communications of the ACM*. 2010. Vol. 53(4). Pp. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
6. Zhang Q., Chen M., Li L. Platform as a service: State-of-the-art and future trends. *Future Generation Computer Systems*. 2021. Vol. 124. Pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.05.001>
7. Lim B., Arik S.O., Loeff N., Pfister T. Temporal Fusion Transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting. arXiv. 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.09363>
8. Zhang G., Patuwo B.E., Hu M.Y. Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting*. 1998. Vol. 14(1). Pp. 35–62. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(97\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(97)00044-7)
9. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997. Vol. 9(8). Pp. 1735–1780. DOI: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>

## **КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ З РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ АНАЛІЗУ РІЗНОРІДНИХ ДАНИХ З ФІНАНСОВИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ**

**Шведов Д.В.**

*Національний університет «Одеська політехніка»*

[Nickolay.rud@gmail.com](mailto:Nickolay.rud@gmail.com)

### **Project Management Concept For The Development Of A Heterogeneous Data Analysis Module For Financial Investment Risk Assessment**

Annotation. This paper presents a project management concept for the development of a heterogeneous data analysis module aimed at assessing financial investment risks. The proposed approach applies Agile methodology, organizing the development process into iterative sprints with defined user stories and measurable milestones. Risk assessment methods, including qualitative expert evaluations and quantitative scenario modeling, ensure early identification and mitigation of potential challenges. Retrospective analysis enables continuous improvement of team performance and process efficiency.

Вступ. Управління проектами в сфері розробки програмного забезпечення є одним з ключових чинників успішного впровадження інноваційних рішень у фінансово-інвестиційному секторі [1]. Зростання обсягів та різноманітності даних, що характеризують сучасні інвестиційні інструменти, створює потребу в комплексних аналітичних модулях, здатних виконувати прогнозування ризиків і надавати рекомендації для прийняття обґрунтованих рішень [2]. Ефективне управління розробкою таких модулів передбачає не лише застосування передових технологій штучного інтелекту та обробки великих даних, але й вибір методології, яка забезпечує гнучкість, адаптивність та оперативне реагування на зміни вимог і умов ринку [3].

Основна частина. Мета даної роботи полягає у формуванні концепції управління проектом з розробки програмного модуля аналізу різноманітних даних з фінансових інвестиційних ризиків на базі Agile-підходу. Досягнення цієї мети передбачає вирішення таких завдань: аналіз принципів і практик Agile, розробка структури проекту з виділенням спринтів та користувацьких історій, визначення ключових віх проекту, оцінка ризиків та застосування ретроспективного аналізу для покращення ефективності процесу.

Процес управління проектом базується на ітеративному підході, де кожен етап розробки спрямований на досягнення конкретних результатів, перевірених через виконання визначених користувацьких історій. Першим кроком є формування беклогу продукту, що включає всі функціональні та нефункціональні вимоги до програмного модуля. Кожна вимога формулюється як користувацька історія, що описує очікуваний результат з точки зору кінцевого користувача або

аналітика. Розподіл користувацьких історій по спринтах здійснюється з урахуванням пріоритетності завдань, складності реалізації та потенційного впливу на загальну цінність продукту.

Важливою складовою управління проектом є визначення ключових віх, які служать контрольними точками для оцінки прогресу. До таких віх відноситься завершення архітектурного проектування модуля, інтеграція базових функцій обробки різнорідних даних, впровадження механізмів оцінки фінансових ризиків, проведення тестування і валідації результатів, а також підготовка документації та звітів для зацікавлених сторін. Кожна вежа супроводжується аналізом досягнутих результатів та коригуванням планів наступних ітерацій.

Проект з розробки програмного модуля аналізу різнорідних даних з фінансових інвестиційних ризиків включає низку спринтів, кожен з яких має чітко визначені цілі та очікувані результати. Перший спринт був присвячений формуванню базової архітектури модуля та інтеграції джерел даних. У межах цього етапу були розроблені основні користувацькі історії, що включали можливість підключення різних типів даних, таких як історичні фінансові показники, макроекономічні індикатори та новинні потоки. На цьому етапі команда визначила ключові технічні ризики, пов'язані з якістю та структурою даних, а також ризики, пов'язані з інтеграцією зовнішніх джерел. Для їх мінімізації застосовувалися попередня очистка даних, валідація джерел та створення прототипів базових компонентів модуля.

Другий спринт зосереджувався на розробці алгоритмічних компонентів прогнозування ризиків, зокрема на впровадженні гібридних моделей, які поєднували різні підходи до аналізу часових рядів та структурованих даних. Користувацькі історії на цьому етапі включали забезпечення можливості прогнозування волатильності активів, оцінки потенційних втрат і формування інтерактивних дашбордів для візуалізації результатів. Під час реалізації цього спринту було виявлено ризики, пов'язані з ефективністю моделей та їх здатністю адаптуватися до різних типів даних. Для оцінки цих ризиків застосовувалися тестові сценарії, побудовані на історичних даних, а також проведення експериментальних запусків моделей на підготовлених вибірках для перевірки точності прогнозів.

Третій спринт охоплював інтеграцію програмного модуля у середовище аналітичної платформи та тестування його взаємодії з користувацьким інтерфейсом. Основною метою було забезпечити стабільність системи при обробці великих обсягів різнорідних даних та коректну роботу всіх функціональних компонентів у режимі реального часу. Користувацькі історії на цьому етапі включали можливість формування звітів для аналітиків та інвесторів, а також забезпечення гнучких налаштувань для адаптації до специфіки різних типів активів. Ризики, пов'язані з продуктивністю та масштабованістю системи, оцінювалися за допомогою стрес-тестів і моделювання пікових навантажень. Виявлені проблеми документувалися і ставали предметом розгляду на наступній ретроспективі.

Четвертий спринт був присвячений оптимізації та валідації програмного модуля на основі результатів попередніх ітерацій. Користувацькі історії включали

забезпечення високої точності прогнозування, автоматизацію процесів оновлення даних та підвищення стабільності роботи системи. Особлива увага приділялася оцінці ризиків, пов'язаних з помилками моделей, недосконалістю алгоритмів і потенційними збоями при інтеграції нових джерел даних. Для їх мінімізації застосовувалися методи повторного тестування, адаптивного навчання моделей та перевірки результатів на контрольних вибірках, що відображають реальні ринкові умови.

Ретроспективний аналіз проводився наприкінці кожного спринту і мав на меті оцінку ефективності роботи команди та процесів управління проектом. Під час ретроспектив обговорювалися досягнення та невдачі, виявлялися проблемні ділянки, пов'язані з комунікацією, узгодженням вимог та координацією між різними командами. На основі висновків ретроспективи розроблялися заходи з оптимізації роботи, такі як удосконалення системи комунікації, уточнення критеріїв приймання результатів та покращення процесу документування. Цей процес дозволяє не лише підвищувати продуктивність команди, але й створювати умови для безперервного вдосконалення програмного модуля, що забезпечує його конкурентоспроможність на ринку фінансових аналітичних рішень.

Важливою складовою управління проектом є оцінка ключових віх, які слугують контрольними точками для визначення готовності продукту. До таких віх належить завершення розробки архітектури модуля, впровадження базових алгоритмічних компонентів, інтеграція системи з зовнішніми джерелами даних, тестування функціональності та продуктивності, а також підготовка аналітичних звітів і документації. Кожна вежа супроводжується формалізованою оцінкою ризиків, що дозволяє своєчасно коригувати план робіт та забезпечувати досягнення поставлених цілей у встановлені терміни.

Висновки. Розробка концепції управління проектом з створення програмного модуля аналізу різнорідних даних з фінансових інвестиційних ризиків продемонструвала ефективність і доцільність застосування ітеративного підходу Agile у сфері високотехнологічних фінансових рішень. Використання методології Agile дозволило організувати роботу команди таким чином, що кожна ітерація або спринт ставала самостійною функціональною одиницею, здатною давати конкретний результат, піддаваний перевірці та оцінці. Це забезпечило прозорість процесу, своєчасне виявлення проблем і гнучкість у коригуванні планів, що є надзвичайно важливим у роботі з високоволатильними фінансовими даними.

### Література

1. Глибоке навчання для фінансового прогнозування : монографія / О. В. Петренко та ін. Київ : Наукова думка, 2023. 245 с.
2. Ткаченко І. М., Сидоренко А. П. Мікросервісна архітектура в інтелектуальних інформаційних системах. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2024. № 2. С. 45–53.
3. Шевченко В. І., Литвиненко С. О. Agile-методології в управлінні проектами розробки програмного забезпечення. Журнал "Сучасні інформаційні технології". 2022. Т. 15, № 3. С. 67–78.

## РОЗРОБКА ПРОГНОСТИЧНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ОЦІНКИ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ ВИСОКОВОЛАТИЛЬНИХ ІНВЕСТИЦІЙ

**Шведов Д.В.**

*Національний університет «Одеська політехніка»*

[Nickolay.rud@gmail.com](mailto:Nickolay.rud@gmail.com)

### **Development Of A Predictive Intelligent Module For Assessing Financial Risks Of High-Volatility Investments**

Annotation. This work presents the development of a predictive intelligent module designed to assess financial risks in high-volatility investments. The module employs a microservices architecture combined with hybrid deep neural network models, integrating recurrent and convolutional networks to analyze time series and complex patterns in financial data. The system enables scalable, flexible, and accurate forecasting of potential losses. Evaluation through cross-validation, scenario testing, and standard accuracy metrics demonstrates the module's reliability and precision, improving risk assessment compared to traditional statistical methods. The approach offers a foundation for further integration into advanced financial analytics platforms.

У сучасних умовах розвитку фінансових ринків інвестиційна діяльність характеризується високою динамікою та непередбачуваністю коливань вартості активів. Зростання волатильності інвестиційних інструментів зумовлює необхідність застосування передових аналітичних і прогностичних методів для оцінки ризиків, оскільки традиційні підходи на основі класичних статистичних моделей часто не забезпечують достатньої точності прогнозування потенційних втрат у сегменті високоволатильних активів [1]. Процеси цифровізації та вдосконалення технологій штучного інтелекту відкривають можливості для розробки інтелектуальних програмних рішень, що поєднують машинне навчання та сучасні методи обробки великих даних [2]. Проектування прогностичного модуля оцінки фінансових ризиків передбачає інтеграцію гібридних моделей глибоких нейронних мереж і мікросервісної архітектури задля забезпечення масштабованості та високої точності прогнозів [3].

Мета роботи полягає у створенні програмного модуля для комплексного аналізу показників інвестиційних інструментів і моделювання ризиків із використанням методів штучного інтелекту. Для досягнення зазначеної мети необхідно проаналізувати особливості високоволатильних інструментів, розробити архітектуру модуля на основі мікросервісного підходу, інтегрувати моделі глибокого навчання та провести валідацію отриманих результатів.

Запропонований програмний модуль побудований на принципах мікросервісної архітектури, що гарантує високий рівень модульності та можливості розширення системи. У межах цієї структури функціонує сервіс збору

та обробки даних, який здійснює інтеграцію із зовнішніми джерелами фінансової інформації та забезпечує попередню очистку й нормалізацію показників у структурованому форматі. Аналітичні обчислення виконуються окремим сервісом на основі гібридних моделей машинного навчання, що дозволяє прогнозувати волатильність і розраховувати ймовірність фінансових втрат. Додатково в системі реалізовано сервіс візуалізації та звітності для формування аналітичних дашбордів у реальному часі, а також сервіс управління моделями, який відповідає за їхнє навчання та оновлення з урахуванням ринкових змін. Такий підхід дозволяє незалежно масштабувати компоненти та впроваджувати нові алгоритми без необхідності повного перепроєктування модуля.

Для комплексного аналізу фінансових даних прогностичний модуль використовує комбінацію різних архітектур нейронних мереж. Рекурентні нейронні мережі застосовуються для дослідження часових рядів і моделювання динаміки показників, тоді як згорткові мережі дозволяють виявляти складні патерни у великих масивах даних та новинних потоках. Використання гібридних комбінацій цих архітектур сприяє інтеграції інформації про часові закономірності та контекстуальні залежності, що суттєво підвищує точність аналізу. Ансамблювання моделей дозволяє нівелювати недоліки окремих алгоритмів і забезпечує стабільність прогнозів навіть в умовах нестабільного ринку.

Перевірка результативності розробленого модуля здійснювалася шляхом застосування методів крос-валідації на навчальних і тестових вибірках для визначення здатності системи до узагальнення даних. Кількісна оцінка точності проводилася за допомогою метрик середньої абсолютної помилки, середньоквадратичного відхилення та коефіцієнта детермінації. Важливим етапом перевірки стало сценарне тестування на історичних даних у періоди значних ринкових шоків, що підтвердило адаптивність запропонованого рішення. За результатами випробувань середнє відхилення прогнозованих значень від фактичних показників становило від трьох до п'яти відсотків, що свідчить про суттєву перевагу розробленого інтелектуального модуля над традиційними статистичними моделями.

У результаті проведеного дослідження було розроблено прогностичний модуль оцінки фінансових ризиків, який базується на інтеграції мікросервісної архітектури та гібридних моделей глибокого навчання.

Теоретичний аналіз підтвердив, що використання традиційних статистичних методів є недостатньо ефективним для прогнозування поведінки високоволатильних активів, тоді як запропонований підхід дозволяє враховувати нелінійні залежності та складні ринкові патерни.

Практична реалізація системи у вигляді автономних мікросервісів забезпечила високу масштабованість та гнучкість інструментарію, дозволяючи оперативно адаптувати моделі до нових вхідних даних.

Експериментальна оцінка ефективності за допомогою метрик точності та сценарного тестування продемонструвала значну перевагу гібридних нейронних мереж, оскільки похибка прогнозування не перевищила встановленого порогу у п'ять відсотків.

Таким чином, розроблений модуль може бути впроваджений у діяльність інвестиційних компаній як надійний інструмент підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності сучасного фінансового ринку.

Список літератури

1. Глибоке навчання для фінансового прогнозування : монографія / О. В. Петренко та ін. Київ : Наукова думка, 2023. 245 с.
2. Ткаченко І. М., Сидоренко А. П. Мікросервісна архітектура в інтелектуальних інформаційних системах. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2024. № 2. С. 45–53.
3. Прогнозування волатильності фінансових активів за допомогою нейронних мереж : метод. рек. / уклад. В. С. Коваленко. Одеса : ОНТУ, 2025. 60 с.

## **INTERNET OF THINGS ТА КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**Якубович Р.Є.**, студент; **Драгоєв Д. М.**, спеціаліст

*Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Державного некомерційного підприємства "Державний університет "Київський авіаційний інститут"*

*E-mail: r.yakubovych@kitu.nau.edu.ua*

### **Вступ**

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується активним впровадженням концепцій Internet of Things (IoT) та кіберфізичних систем (CPS), які формують основу цифрової трансформації суспільства. Інтеграція фізичних об'єктів із цифровими технологіями забезпечує нові можливості для автоматизації, моніторингу та управління різноманітними процесами. У зв'язку з цим актуальним є дослідження принципів функціонування IoT і CPS, їх архітектури, сфер застосування та перспектив розвитку. Метою роботи є аналіз особливостей IoT та кіберфізичних систем і визначення їх ролі в сучасному технологічному середовищі.

### **Матеріали та методи**

У процесі дослідження було використано методи аналізу наукових джерел, узагальнення теоретичних підходів та порівняльного аналізу концепцій IoT і CPS. Розглянуто сучасні підходи до побудови архітектури Інтернету речей, а також принципи функціонування кіберфізичних систем. Особливу увагу приділено аналізу практичного застосування цих технологій у різних галузях, включаючи промисловість, транспорт, медицину та енергетику.

### **Результати**

Результати дослідження показали, що Internet of Things є системою взаємопов'язаних пристроїв, які здійснюють збір і передачу даних через мережу. Типова архітектура IoT включає рівень сенсорів, мережевий рівень та прикладний рівень, що забезпечує обробку інформації та взаємодію з користувачем.

Кіберфізичні системи, на відміну від IoT, забезпечують не лише збір і передачу даних, але й їх обробку з подальшим автоматичним керуванням фізичними процесами. Важливою характеристикою CPS є наявність зворотного зв'язку в реальному часі, що дозволяє системам адаптуватися до змін середовища.

Встановлено, що IoT та CPS активно застосовуються у різних сферах, зокрема у створенні розумних будинків, автоматизованих виробничих систем, безпілотного транспорту, медичних систем моніторингу та енергетичних мереж. Їх

використання сприяє підвищенню ефективності, зменшенню витрат ресурсів і покращенню якості життя.

Разом з тим, впровадження цих технологій супроводжується низкою проблем, серед яких особливу увагу слід приділити питанням кібербезпеки, захисту персональних даних, стандартизації та енергоспоживання пристроїв.

## **Висновки**

Internet of Things та кіберфізичні системи є важливими складовими сучасної цифрової інфраструктури. Їх використання відкриває широкі можливості для автоматизації процесів і підвищення ефективності діяльності в різних галузях. Інтеграція IoT і CPS із технологіями штучного інтелекту, хмарних обчислень та мережами нового покоління сприятиме створенню автономних систем і розвитку концепції “розумних міст”.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшого дослідження та впровадження цих технологій у сучасне суспільство та економіку.

## **Список використаних джерел:**

1. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey // Computer Networks. – 2010.
2. Lee E. A. Cyber-Physical Systems: Design Challenges // Proceedings of the 11th IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing. – 2008.
3. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems. – 2013.
4. Monostori L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges
5. Porter M. E., Heppelmann J. E. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition // Harvard Business Review. – 2014.
6. Rajkumar R., Lee I., Sha L., Stankovic J. Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution // Design Automation Conference. – 2010.

# Секції 2, 3

## ПЕДАГОГІКА+ІТ

**Інноваційні педагогічні технології та моделі формування професійних компетентностей фахівців з комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій**

## БІЗНЕС+ІТ

**Екосистема розвитку комп'ютерної інженерії: індустриальні практики, інновації та інтеграція науки, освіти і бізнесу**

## **БУДОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ВИКЛАДАЧА ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ДИСТАНЦІЙНІЙ ФОРМІ**

**Сокорчук І.П.**

*Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Програмної інженерії, м. Харків, Україна  
e-mail: [ihor.sokorchuk@nure.ua](mailto:ihor.sokorchuk@nure.ua)*

### **STRUCTURE OF AN AUTOMATED TEACHER'S WORKPLACE FOR THE ORGANIZATION OF DISTANCE LEARNING**

This work examines the design of an automated lecturer's workplace for distance learning. The modular architecture integrates LMS with cloud platforms, version control, and AI tools. It analyzes Linux command-line utilities and GitHub Actions for automating student task assessment. Practical implementation demonstrates a 50% reduction in teacher workload. The system enhances educational management efficiency and improves student-teacher interaction. The integration of AI for educational data analysis and automated feedback is also considered. The proposed approach ensures documentation consistency and compliance with modern standards. Overall, the automated workplace optimizes digital workflows and elevates learning quality.

Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та поширення дистанційної форми навчання зумовили необхідність використання нових інструментів для організації освітнього процесу. Значна кількість адміністративних і технічних завдань, пов'язаних із підготовкою матеріалів, перевіркою робіт і веденням електронної документації, потребує автоматизації. Автоматизоване робоче місце викладача повинно бути побудоване за модульним принципом, що забезпечує гнучкість та можливість масштабування системи. Основою такої архітектури є інтеграція різних програмних компонентів, які виконують спеціалізовані функції в межах освітнього процесу.

До основних модулів АРМ належать:

1. Модуль управління навчанням (LMS) – забезпечує управління навчальними курсами, розміщення навчальних матеріалів, проведення тестування та облік результатів навчання.
2. Модуль автоматизації завдань – включає програмні засоби для автоматичної перевірки завдань, обробки результатів і формування звітності.
3. Модуль аналітики – призначений для аналізу освітніх даних та оцінювання успішності студентів.
4. Модуль комунікації – забезпечує взаємодію між викладачем і студентами за допомогою форумів, чатів та відеоконференцій.
5. Модуль управління проектами – дозволяє організувати спільну роботу студентів над програмними або дослідницькими проектами.

Важливою вимогою до архітектури АРМ є можливість інтеграції з різними

цифровими платформами через програмні інтерфейси API. Це дозволяє забезпечити обмін даними між системами та створити єдине інформаційне середовище освітнього процесу.

Центральним елементом автоматизованого робочого місця викладача є система управління навчанням (Learning Management System, LMS). Такі системи дозволяють організувати навчальні курси, контролювати виконання завдань і забезпечувати комунікацію між учасниками освітнього процесу.

Однією з найбільш поширених систем є Moodle [1], яка має відкритий програмний код та підтримує інтеграцію з різними зовнішніми сервісами. Завдяки гнучким можливостям налаштування Moodle може використовуватися як основна платформа для організації дистанційного навчання.

Інтеграція LMS із сервісами відеоконференцій та хмарними платформами дозволяє розширити функціональні можливості системи. Наприклад, використання сервісів Google Workspace забезпечує спільну роботу студентів над документами та іншими навчальними матеріалами, а інтеграція з системами відеоконференцій дозволяє проводити лекції та семінари в режимі реального часу.

Для організації роботи над програмними проектами доцільно використовувати системи контролю версій. Однією з найпоширеніших платформ є GitHub [2], яка забезпечує зберігання програмного коду, управління змінами та підтримку командної роботи.

Використання GitHub у навчальному процесі дозволяє студентам опанувати сучасні інструменти розробки програмного забезпечення, зокрема систему контролю версій Git. Крім того, платформа підтримує інтеграцію з різними інструментами автоматизації, такими як GitHub Actions.

GitHub Actions дозволяє автоматизувати перевірку студентських проєктів, виконуючи тестування програмного коду, статичний аналіз та генерацію звітів про помилки. Такий підхід значно скорочує час перевірки завдань і підвищує об'єктивність оцінювання.

Операційна система Linux та її утиліти командного рядка є потужним інструментом для автоматизації різноманітних задач у навчальному процесі. Завдяки можливості створення скриптів викладач може автоматизувати перевірку студентських робіт, аналіз текстових даних та управління файлами. Зокрема, утиліти `bash`, `diff`, `cmp` [3] дозволяють автоматизувати порівняння результатів виконання завдань із еталонними прикладами. Інструменти `awk` та `sed` використовуються для обробки текстових даних і формування звітів. Для перевірки якості програмного коду можуть застосовуватися спеціалізовані інструменти аналізу, такі як `ShellCheck` або інші засоби перевірки стилю програмування. Такі інструменти дозволяють автоматично виявляти помилки та порушення стандартів кодування. Крім того, утиліти `rsync` [4], `tar`, `gzip`, `find` та `grep` можуть використовуватися для управління навчальними матеріалами, синхронізації файлів та швидкого пошуку інформації.

Практичне використання таких інструментів дозволяє значно скоротити час обробки студентських робіт [5]. Зокрема, автоматизація перевірки завдань за допомогою скриптів дозволила зменшити витрати часу викладача приблизно на 50%.

Перспективним напрямом розвитку автоматизованого робочого місця викладача є інтеграція технологій штучного інтелекту. Системи аналізу освітніх даних дозволяють виявляти закономірності у навчальній діяльності студентів та прогнозувати їхню успішність.

Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для аналізу активності студентів у системах управління навчанням, визначення складних тем та формування рекомендацій щодо покращення навчального процесу. Іншим напрямом застосування штучного інтелекту є автоматизація перевірки навчальних завдань. Сучасні системи здатні оцінювати текстові відповіді студентів, аналізувати програмний код та надавати рекомендації щодо його покращення. Крім того, інтеграція чат-ботів дозволяє автоматизувати комунікацію зі студентами, надаючи швидкі відповіді на типові запитання щодо навчального процесу.

Інтеграція систем управління навчанням, систем контролю версій, інструментів командного рядка Linux та засобів штучного інтелекту дозволяє створити єдине цифрове середовище організації освітнього процесу. Використання таких технологій сприяє зменшенню навантаження на викладача, підвищенню якості оцінювання навчальних результатів та покращенню взаємодії зі студентами.

#### Список використаних джерел:

1. Moodle Documentation. URL: <https://docs.moodle.org>
2. GitHub Documentation. URL: <https://github.com>
3. GNU Project. GNU Bash, Awk, sed, grep та інші інструменти. URL: <https://www.gnu.org/software>
4. Rsync Documentation. URL: <https://rsync.samba.org>
5. Сокорчук І. П. Автоматизація створення звітної документації при організації освітнього процесу в дистанційній формі // Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали IV Всеукраїнської наук.-практ. Інтернет-конф. (09-20 грудня 2024 р.). Запоріжжя, 2024. С. 170-173

# **ІННОВАЦІЙНІ ПЕДАГОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**Коваль Т. А., Драгоєв Д. М.,**

*Викладач Фахового коледжу інженерії, управління та землевпорядкування  
Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський  
авіаційний інститут»*

*E-mail: t.koval@kitu.nau.edu.ua*

## **INNOVATIVE PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES IN THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF FUTURE COMPUTER ENGINEERING SPECIALISTS**

Annotation. The article considers modern approaches to the formation of professional competencies of future specialists in computer engineering and information technologies. Particular attention is paid to the use of innovative pedagogical technologies, such as virtual laboratories, simulation environments, digital educational platforms and project-based learning. The importance of developing engineering thinking, digital culture and soft skills among students is substantiated. The effectiveness of integrating practical tasks and real technological tools into the educational process is emphasized. The results demonstrate that the use of modern educational technologies significantly increases the level of professional training of future IT specialists and improves their readiness for the modern labor market.

### **Вступ**

Сучасний розвиток інформаційних технологій суттєво впливає на систему підготовки фахівців у галузі комп'ютерної інженерії. Стрімке поширення штучного інтелекту, хмарних технологій, автоматизованих систем управління та цифрових освітніх платформ зумовлює необхідність модернізації педагогічних підходів до підготовки майбутніх ІТ-спеціалістів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання інноваційних педагогічних технологій, які сприяють формуванню професійних компетентностей, розвитку інженерного мислення та здатності до вирішення практичних технічних завдань. Метою дослідження є аналіз ефективності застосування сучасних освітніх технологій у процесі підготовки майбутніх фахівців з комп'ютерної інженерії.

### **Матеріали та методи**

У дослідженні було проаналізовано сучасні педагогічні підходи до підготовки ІТ-фахівців, а також практику використання цифрових освітніх платформ, мережевих симуляторів та віртуальних лабораторій у навчальному процесі. Для досягнення поставленої мети застосовано такі методи дослідження: аналіз наукових джерел, порівняльний аналіз сучасних освітніх технологій,

узагальнення педагогічного досвіду та спостереження за результатами навчальної діяльності студентів. Особливу увагу було приділено використанню практикоорієнтованих методів навчання, зокрема проєктного підходу, який дає змогу студентам розвивати професійні компетентності через виконання реальних інженерних завдань.

### **Результати та обговорення**

Результати дослідження показали, що інтеграція інноваційних педагогічних технологій у навчальний процес значно підвищує ефективність підготовки майбутніх фахівців з комп'ютерної інженерії. Одним із найбільш ефективних інструментів є використання мережевих симуляторів та емуляторів, які дозволяють моделювати роботу комп'ютерних мереж і серверної інфраструктури без використання дорогого фізичного обладнання. Застосування таких середовищ дає можливість студентам відпрацьовувати практичні навички конфігурування мереж, аналізу мережевого трафіку та забезпечення кібербезпеки. Крім того, використання віртуальних лабораторій дозволяє організувати навчальний процес більш гнучко, забезпечуючи доступ до навчального обладнання незалежно від місця перебування студентів.

Важливу роль у підготовці ІТ-фахівців відіграє також проєктно-орієнтоване навчання. У межах такого підходу студенти виконують комплексні інженерні завдання, що передбачають проєктування інформаційних систем, створення програмних продуктів або моделювання комп'ютерних мереж. У процесі виконання проєктів формуються не лише професійні знання, але й навички командної роботи, критичного мислення та ефективної комунікації. Дослідження показало, що використання цифрових освітніх платформ дозволяє оптимізувати організацію навчального процесу, забезпечує доступ до навчальних матеріалів та сприяє інтерактивній взаємодії між викладачем і студентами.

### **Висновки**

Використання інноваційних педагогічних технологій є важливою складовою підготовки сучасних фахівців з комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій. Застосування симуляторів, віртуальних лабораторій, цифрових освітніх платформ та проєктного навчання сприяє формуванню професійних компетентностей студентів та підвищує їхню готовність до роботи в умовах сучасної ІТ-індустрії. Отримані результати підтверджують доцільність подальшого впровадження інноваційних освітніх технологій у підготовку ІТ-спеціалістів та модернізації освітніх програм відповідно до потреб сучасного ринку праці.

### **Література**

1. Морзе Н. В. Сучасні інформаційні технології в освіті. Київ: Академвидав, 2022.
2. Биков В. Ю. Цифрова трансформація освіти: теоретичні та практичні аспекти. Київ, 2023.
3. Сисоєва С. О. Інноваційні педагогічні технології у вищій освіті. Харків: Основа, 2021.

## ДИДАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ

Дорошенко Ю.О.

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій  
Навчально-наукового інституту муніципального управління  
та міського господарства  
Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського,  
м. Київ, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0001-6050-4401>,  
e-mail: [dua159@ukr.net](mailto:dua159@ukr.net)

### DIDACTIC APPROACHES TO TEACHING INFORMATION TECHNOLOGIES TO FUTURE PSYCHOLOGISTS

**Summary.** Information technologies are increasingly integrated into all areas of psychological activity. This creates a growing need for systematic training of future psychologists within the framework of the specialized academic discipline Information Technologies in Psychology. The effectiveness of such training largely depends on the quality of its didactic design and methodological support.

The starting point for developing this discipline is the identification of conceptual foundations for its didactic structuring, in particular the definition of appropriate didactic approaches to teaching information technologies to psychology students. The article presents a system of such approaches сформовану на основі пошуково-аналітичного дослідження. Some of these approaches have already been implemented and tested in educational practice, while others are intended for further implementation at different levels of higher education.

**Вступ.** Комп'ютерні технології в інтеграції з певними Інформаційними системами нині стали обов'язковими інструментальними і ресурсними засобами та передумовою ефективної діяльності сучасних фахівців практично всіх спеціальностей. Психологічна наука і практика беззаперечно підтверджують сказане для психологічної галузі, оскільки нагальна потреба у цілеспрямованій інформатичній підготовці усіх практикуючих психологів призвела до адекватної інформатизації освіти та появи на межі ХХ і ХХІ століть в університетській психологічній освіті (вища фахова та підвищення кваліфікації) спеціалізованого навчального курсу «Інформаційні технології у психології». Сказаним визначається **актуальність** теми публікації.

**Метою** публікації є визначення за результатами пошуково-аналітичного дидактичного дослідження дієвих дидактичних підходів до навчання інформаційних технологій майбутніх психологів в університеті.

**Матеріали та методи.** Для проведення дослідження використано філософську, педагогічну і психологічну літературу; методичні матеріали,

силабуси та практичний досвід викладання навчальної дисципліни «Інформаційні технології у психології» різних ЗВО України; зміст психологічної діяльності та досвід використання інформаційних технологій у психологічній практиці. Для досягнення визначеної мети дослідження застосовувалися *теоретичні методи* (вивчення і аналіз філософської, психолого-педагогічної, спеціальної, навчальної і методичної літератури з проблеми дослідження; вивчення, аналіз і узагальнення досвіду організації ІТ-освіти майбутніх психологів; аналіз вітчизняних освітніх стандартів психологічної освіти, навчальних планів, ОПП; синтез пропозиційних дидактичних рішень; моделювання досліджуваних процесів) [1].

**Результати та обговорення.** Якісна реалізація розробки і впровадження у освітній процес інноваційної навчальної дисципліни «Інформаційні технології у психології» тривала з перших спроб її викладання у 80-х роках ХХ століття і потребувала проведення ґрунтовних комплексних науково-педагогічних досліджень, орієнтованих на розробку дидактико-методичного забезпечення спеціалізованого навчання інформатики (вивчення певних інформаційних технологій та опанування відповідних інформаційних систем), а також теоретичного обґрунтування та експериментальної апробації специфічних форм, методів і засобів відповідних освітніх процесів. Результати таких досліджень ставали концептуальною основою дидактичного конструювання інноваційної навчальної дисципліни інформатичного спрямування. Звісно, що про єдине бачення щодо структури і змісту дисципліни за таких обставин не мовилося. При цьому кожний заклад вищої освіти (ЗВО), користуючись своєю академічною автономією, розробляв і починав викладання таких навчальних курсів залежно від рівня своєї функціональної готовності (концептуального бачення і наявності необхідних ресурсів) [2,3].

Зрозуміло, що такі нові навчальні курси ще не були досконалими, повною мірою дидактично обґрунтованими, різнилися для різних ЗВО і зазвичай залежали від певних об'єктивних обставин. А саме, від особистості провідного викладача, тобто, від рівня його міждисциплінарної інтегративної компетентності як інформатика, психолога і дидакта, від ресурсного забезпечення (комп'ютерна техніка, комунікаційні засоби, програмне забезпечення) ЗВО та від бачення структури, змісту і спрямованості цього курсу профільною (випусковою) кафедрою. Тим більше, що вимоги до результативності навчання інформаційних технологій майбутніх психологів тільки починали розроблятися. Тому говорити про якість, ефективність і стабільність цієї дисципліни впродовж початкового етапу її розвитку і становлення ще було зарано.

З плином часу і накопиченням практичного досвіду викладання інформаційних технологій у психології ситуація у психологічній освіті перманентно змінювалася. Інформаційні технології активно поширювалися у психологічній практиці, розширювалося коло практикуючих психологів, які опанували і стали активно використовувати інформаційні технології у певних аспектах своєї діяльності, зокрема, у документальному її супроводі, у проведенні моніторингових психологічних досліджень та у психодіагностиці), а також із зростанням доступності комп'ютерних засобів: технічних, програмних і комунікаційних (мережевих). Хоча донині усе ще немає єдиного бачення

спрямованості, структури і змісту цієї навчальної дисципліни і вона знаходиться у стані активного адаптивного розвитку як у практичній, так і у освітній психології [4,5].

Потреба впровадження у освітній процес Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського навчальної дисципліни «Інформаційні технології у психології» на рівні бакалавратури спонукало до проведення комплексу відповідних науково-педагогічних досліджень. Початковим їх результатом стало розроблення концептуального бачення інформатичної освіти майбутніх психологів, яке концентровано представлено у системі дидактичних підходів. Ці підходи мають бути реалізовані у межах відповідного навчально-методичного комплексу за таким рівневим сценарієм: Концептуальний рівень; Змістовий рівень; Технологічний рівень. І дидактичні підходи є відправною точкою такого реалізаційного процесу.

Отже, наведемо формулювання визначених нами дидактичних підходів у черговості їх реалізації без розлогого пояснення їх суті, що потребуватиме багато площі і у цій публікації є недоречним.

**Перший підхід.** Диференціація усього навчального курсу на 3 змістово самостійні навчальні дисципліни– відповідно до рівнів вищої освіти: перший (бакалаврський); другий (магістерський); третій (освітньо-науковий) зі змістовим наповненням, узгодженим з відповідним стандартом спеціальності (компетентності і результати навчання). Тобто, з формуванням компетентностей у відповідності до кожного переліку компетентностей випускників відповідного рівня та з реалізацією нормативного змісту підготовки здобувачів вищої освіти, сформульованого у термінах результатів навчання стандарту спеціальності.

**Другий підхід.** Насамперед стосується першого (бакалаврського) рівня освіти і реалізує формування у здобувачів вищої освіти базової загальноосвітньої інформатичної підготовки. Передбачається діагностичне навчання; компенсаторне навчання; формувальне навчання для вирівнювання шкільної загальноосвітньої інформатичної підготовки та досягнення стартового рівня для інформатичної підготовки психолога-бакалавра. З акцентом на опрацюванні навчання на рівні завдань і робіт Практикуму та діагностично-компетентнісному продуктивному навчанні. Цей підхід реалізовано у бакалавратурі ТНУ з розробкою відповідної Навчальної програми, де метою навчальної дисципліни «Інформаційні технології у психології» визначено опрацювання формування уявлень про можливості використання сучасних інформаційних технологій у професійній діяльності психолога; практичне ознайомлення з можливостями застосування інформаційних технологій в освіті. Зміст навчальної дисципліни складається з двох модулів (Модуль 1. Інформаційні технології і програмні засоби загального призначення у практичній діяльності психолога. Модуль 2. Професійно-орієнтовані інформаційні технології і програмні засоби у психологічних дослідженнях і психодіагностиці та у професійній і особистісній презентації [6].

**Третій підхід** ґрунтується на реалізації виключно компетентнісного навчання на основі продуктивної педагогіки з акцентом на розвитку відповідальної особистості з розвиненим критичним мисленням, комплексом якостей «самості», прагматичною рефлексією. У професійному плані магістранти опановують

інформаційні технології та інформаційні системи організації і проведення психологічного дослідження з його моніторингом і статистичним опрацюванням результатів та супроводом відповідної бази даних; комп'ютерну психодіагностику з розробкою власних психодіагностичних комп'ютерних засобів.

**Четвертий підхід** ґрунтується на принципах і методах продуктивної педагогіки з підготовкою діагностичних продуктів навчально-пізнавальної діяльності здобувачів вищої освіти.

**П'ятий підхід** спрямовано на формування і розвиток усебічно розвиненої соціально активної особистості фахівця-психолога, який досконало володіє фаховою лексикою, кваліфіковано веде дискусії, самостійно проводить наукові дослідження і оприлюднює їх результати.

**Висновки.** Інформаційні технології активно впроваджуються у всі аспекти психологічної діяльності. Унаслідок цього постає нагальна потреба здійснення відповідного навчання через впровадження у вищу професійну освіту спеціалізованої навчальної дисципліни «Інформаційні технології у психології». Якість і ефективність такого навчання визначається якістю розробки навчально-методичного забезпечення дисципліни. Відправною точкою розробки такого забезпечення є визначення концептуальних засад дидактичного конструювання навчальної дисципліни, що починається з визначення дидактичних підходів до навчання за цією дисципліною. У публікації презентуються такі підходи як результат проведеного пошуково-аналітичного дослідження. Деякі з підходів реалізовані і апробовані у освітній практиці. Інші підходи будуть реалізовані у системній єдності на інших рівнях вищої освіти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Тихонова Т.В. Дидактичне конструювання інформаційно-технологічних навчальних дисциплін у вищій школі. Миколаїв: Іліон. 2016. 562с.
2. Хоменко-Семенова Л.О. Силабус навчальної дисципліни «Інформаційні технології в психології». Спеціальність:053 Психологія. Галузь знань: Соціальні та поведінкові науки. К.:НАУ. 2021. 3с.
3. Шепельова М.В. Інформаційні технології в психології. Методичні вказівки для підготовки до практичних і семінарських занять здобувачів закладів вищої освіти спеціальності «Психологія». К.: ТНУ. 2024. 22с.
4. Кириченко В.В. Основи інформатики та застосування ЕОМ у психології: курс лекцій. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 59 с.
5. Вінтюк Ю.В. Розробка навчального курсу «Інформаційні технології у психології» для підготовки фахових психологів. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького: Серія «Педагогічні науки». Випуск № 4. 2020. С.47–55.
6. Дорошенко Ю.О. Робоча програма навчальної дисципліни ок 2.7. «Інформаційні технології у психології». К.: ТНУ. 2025. 18с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ АВТОНОМНОЇ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНОГО РОБОТА-ПРИБИРАЛЬНИКА

Ровецька К.А., студентка, Кондрюк Д.В., викладач, к.ф.-м.н.

Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича», м. Чернівці, e-mail: [rovetska.karyna.clg@chnu.edu.ua](mailto:rovetska.karyna.clg@chnu.edu.ua), [d.kondrjuk@chnu.edu.ua](mailto:d.kondrjuk@chnu.edu.ua).

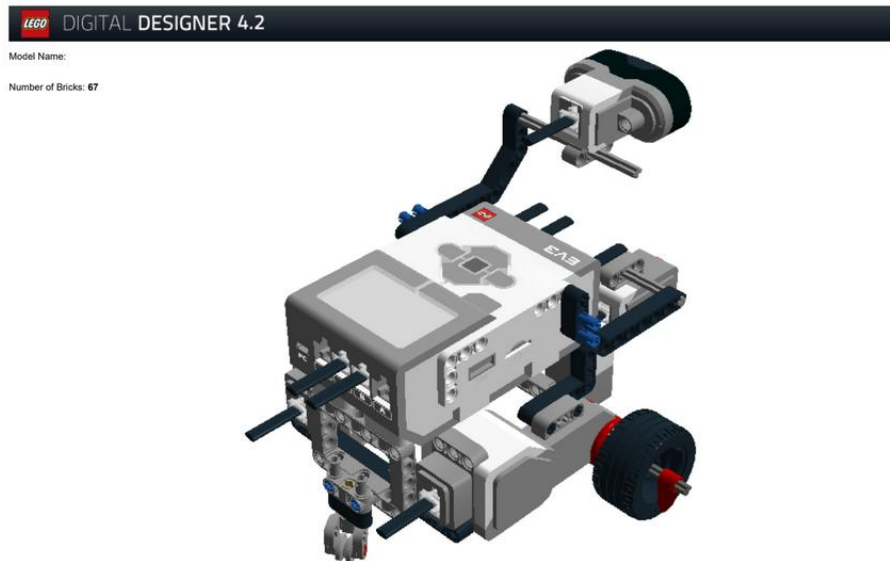
Розвиток побутової робототехніки, зокрема, роботів-пилососів, вимагає розробки оптимізованих алгоритмів покриття площі, обходу перешкод та обробки сигналів у реальному часі. У робототехніці це називається «задачею повного обходу» (Complete Coverage Path Planning). Її суть полягає у побудові певного маршруту для робота, при якому він гарантовано проходить кожну зазначену точку у просторі, обходячи перешкоди. Використання платформи LEGO Mindstorms EV3 є простим та сучасним рішенням для проектування логіки роботи такого пристрою, оскільки дозволяє фокусуватися на архітектурі алгоритмів в умовах обмежених обчислювальних ресурсів та імітувати роботу сучасних побутових систем. Це сильний та водночас простий інструмент для інженерного моделювання, який дозволяє відтворити робота – «розумну» автоматизовану машину (у нашому випадку робота-пилососа), орієнтуючись на складну логіку обробки даних із сенсорів та механізмах роботи реального домашнього помічника. Над виконанням такої задачі працюють студенти ВСП «Фаховий коледж ЧНУ ім. Ю.Федьковича» на вибірковій дисципліні «Робототехніка», використовуючи навчальні набори Lego Mindstorms EV3, у навчальній STEM-лабораторії на базі комунального закладу «Чернівецький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді» [1] (рис.1).



*Рис 1.* Робототехнічний набір Lego Mindstorms EV3 (ліворуч), який використовувався для збірки робота-пилососа; праворуч фото процесу тестування роботів

Для повноцінної імітації функцій робота-пилососа розроблено модель із застосуванням комплексу сенсорів, які є у наборі LEGO Mindstorms EV3. Перед

початком роботи з сенсорами зібрано базу - шасі, основу робота. Тривіальним вибором для швидкого тесту є швидкозбірна модель - «п'ятихвилинка» (назва



походить від часу, який витрачається на повну збірку робота. (Рис.2))

*Рис. 2.* Робот п'ятихвилинка на основі якого виконана лабораторна робота – «Робот-пилосос»

На роботі передбачено використання сенсора дотику для фіксації доторкання до твердих об'єктів, ультразвуковий датчик відстані – для безконтактної навігації та датчик світла/кольору – для ідентифікації краю поверхні стола.

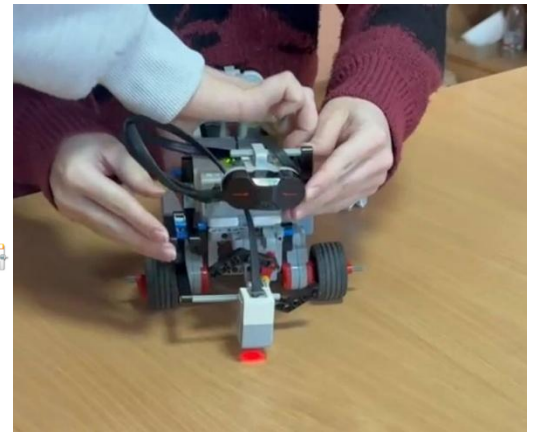
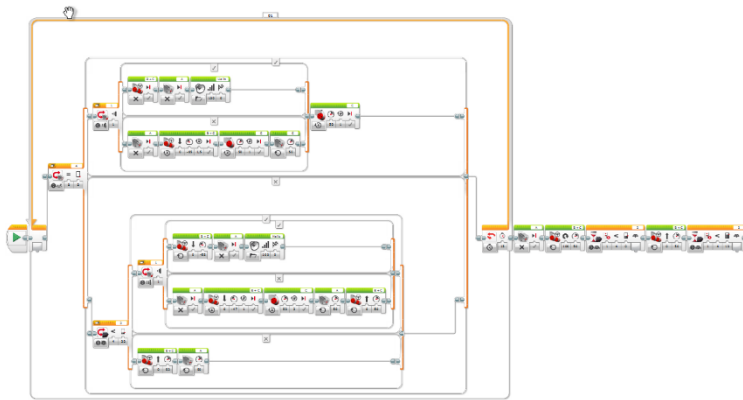
Завдання лабораторної роботи (згідно з умовами лабораторної роботи з курсу «Робототехніка» [2, ст. 20-21] вважається виконаним якщо робот:

- 1) їздить по кімнаті-столі для змагань, прибираючи сміття та об'їжджаючи меблі (кегли на столі) та не заїжджає за сходинки (край столу);
- 2) після 1 хвилини прибирання повертається на “базу” для зарядки та очистки пилосбірника (як орієнтир бази використовується інфрачервоний пульт дистанційного керування в режимі “маячка”).

Програмна реалізація алгоритмів виконана у візуальному середовищі блочного програмування LEGO Mindstorms Education EV3[3] у вигляді автомата станів (State Machine).

Основний блок – цикл (loop) забезпечує безперервне виконання програми, доки не мине час прибирання (1 хвилина) та не активується підпрограма пошуку бази (маячка). Блок розгалуження (switch) обробляє зовнішні переривання: наприклад, якщо датчик дотику фіксує перешкоду, миттєво активується алгоритм від'їзду та повороту або якщо робот під'їжджає до краю стола, то датчиком відбитого світла помічає, що під ним нема поверхні та починає здавати назад, змінюючи траєкторію руху (рис.3).

Під час розробки алгоритму студенти ділили складні задачі на дрібніші фрагменти, тестуючи кожен частину окремо. При цьому помітно, що блочне візуальне програмування допомагає сконцентруватися безпосередньо на поведінці робота та роботі його електроніки, звільняючи від необхідності запам'ятовувати складний синтаксис коду чи хвилюватися про апаратні обмеження.



**Рис. 3.** Програмна реалізація алгоритму в середовищі LEGO Mindstorms Education EV3 (ліворуч); вигляд готової «п'ятихвилинки» з сенсорами (праворуч)

За результатами виконання лабораторної роботи та серії контрольних заїздів алгоритм демонструє успішність на рівні 90%, тобто в 9-ти випадках з 10-ти робот-пилосос не доторкався до предметів кімнати та не з'їжджав зі столу, а також – знаходив «базу» та паркувався на ній.

Таким чином, аналіз практичних заїздів показав, що деталі (механічні та електричні) LEGO, особливо коли вони вже мають помітний знос, вносять похибки та невизначеність в рухи і реакцію робота, які можна і необхідно компенсувати програмно за рахунок корегування змінних в коді. Загалом, використання робототехнічних наборів з графічним блочним програмуванням, як в даному випадку Lego Mindstorms EV3 – дозволяє студентам абстрагуватися від вивчення та розбору синтаксису мови програмування, проте формує у студентів інженерне алгоритмічне мислення, ефективно «думати алгоритмами», долаючи недосконалості своїми методами.

Розроблена базова модель слугує міцним фундаментом для подальшого вивчення більш складних концепцій просторової навігації, таких як алгоритми одночасної локалізації та побудови карти, а використання робототехнічних навчальних платформ, дозволяє приділити більше уваги побудові механізмів та складанні оптимальних алгоритмів вирішення поставленої задачі. Після вивчення курсу «Робототехніка» студенти вже мають поняття цілісності системи – «робот», можуть будувати інженерні конструкції та запрограмувати їх на виконання задач з врахуванням всіх програмних та фізичних обмежень.

### Список використаних джерел

1. Чернівецький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді. Чернівці, 2026 URL: <https://ocnttum.com/> (дата звернення:10.04.2026)
2. Кондрюк Д. В. Збірник завдань для виконання лабораторних робіт з курсу «Робототехніка». Чернівці, 2023. С. 20-21. URL: <https://docs.google.com/document/d/1Igm2I-NhAH0NtxKxUj6-9eigC8tOx00G> (дата звернення: 10.04.2026).
3. LEGO Mindstorms Education EV3. URL: <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3> (дата звернення: 10.04.2026).

## ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-СИМУЛЯТОРА TINKERCAD У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЇ» МОДУЛЯ «ОСНОВИ АВТОМАТИКИ ТА РОБОТОТЕХНІКИ»

**Ніколассі М.В.**, студент, **Кондрюк Д.В.**, викладач, к.ф.-м.н. Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича», м. Чернівці, e-mail: [nikolaiesi.maksym.clg@chnu.edu.ua](mailto:nikolaiesi.maksym.clg@chnu.edu.ua), [d.kondrjuk@chnu.edu.ua](mailto:d.kondrjuk@chnu.edu.ua) .

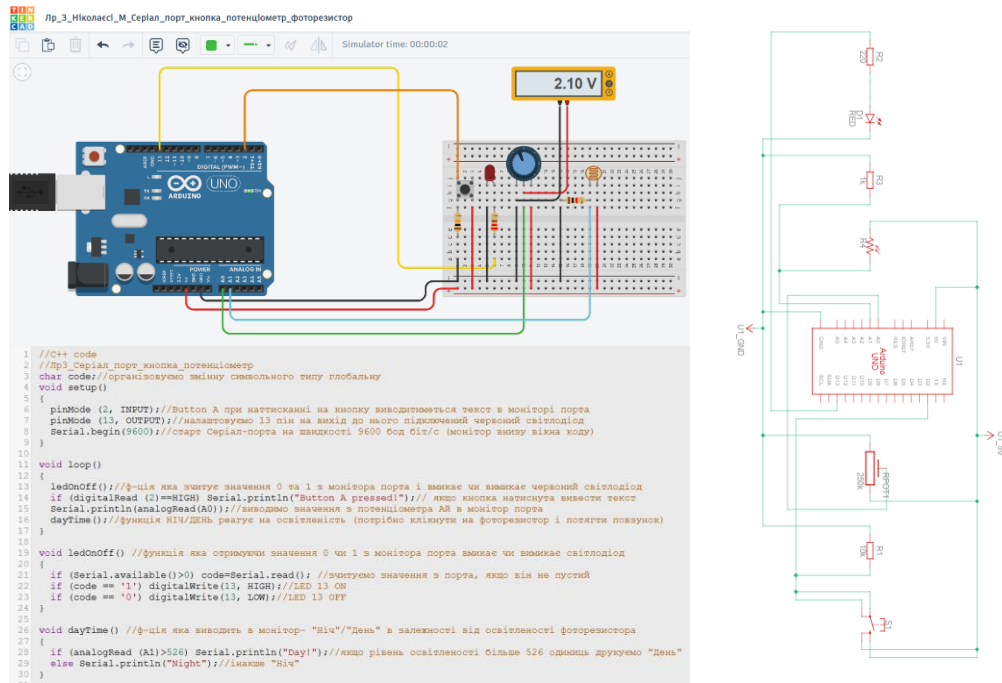
Сучасний етап розвитку освіти характеризується активним впровадженням цифрових технологій у навчальний процес, все частішим використанням змішаного типу навчання, різного роду симуляторів та навчальних хмарних платформ, особливо в галузі технічних дисциплін, де теорія має поєднуватись з практикою при дефіциті засобів чи неможливості очних занять.

Одним із оптимальних рішень для задоволення вказаних потреб, тобто, доступний для кожного здобувача освіти інструмент навчання на практиці, не вимогливий до параметрів обладнання, зручний в організації групового навчання та групової діяльності над проектом є онлайн-симулятор TinkerCAD, розроблений компанією Autodesk [1]. Дана інтернет платформа надає можливість моделювати електричні схеми з програмованими компонентами - мікроконтролерами, створювати тривимірні об'єкти з симуляцією взаємодії об'єктів в полі сили тяжіння, програмувати переміщення та побудову 3D – об'єктів. Такий широкий функціонал симулятора дозволяє студентам безпечно з будь-якої точки планети набувати практичних навичок без використання реального обладнання, що особливо важливо у сучасних навчальних умовах [2, с. 45], ділитися своїми проектами, виправляти помилки в електричній схемі чи коді.

Так, у ВСП «Фаховий коледж ЧНУ ім. Ю. Федьковича» [3] в межах вивчення предмета «Технології» 3-го модуля «Основи автоматики та робототехніки», використання TinkerCAD сприяє реалізації діяльнісного підходу до навчання – студенти мають змогу самостійно створювати STEM-проекти, аналізувати результати їх роботи та вдосконалювати власні рішення. Це сприяє розвитку логічного мислення, технічної грамотності, навичок програмування, складання та відлагодження електричних схем [4, с. 112].

Ефективність використання згаданої платформи можна продемонструвати результатами виконання однієї з циклу лабораторних робіт, де пропонується вивчення понять Serial port (послідовний порт), підтягуючий резистор, символічний тип даних (char), функціональне програмування, потенціометр, мультиметр, фоторезистор, тощо (рис.1). В цій роботі студенти збирають електричну схему та програмують взаємодію комп'ютера та мікроконтролера через порт послідовної передачі даних, вивчають можливі проблеми при роботі з кнопками («шум», «брязкіт» контактів), працюють з мультиметром в режимі вольтметра, використовують потенціометр, згадуючи закон Ома для ділянки кола, використовують фоторезистор, підключивши його за схемою «подільника

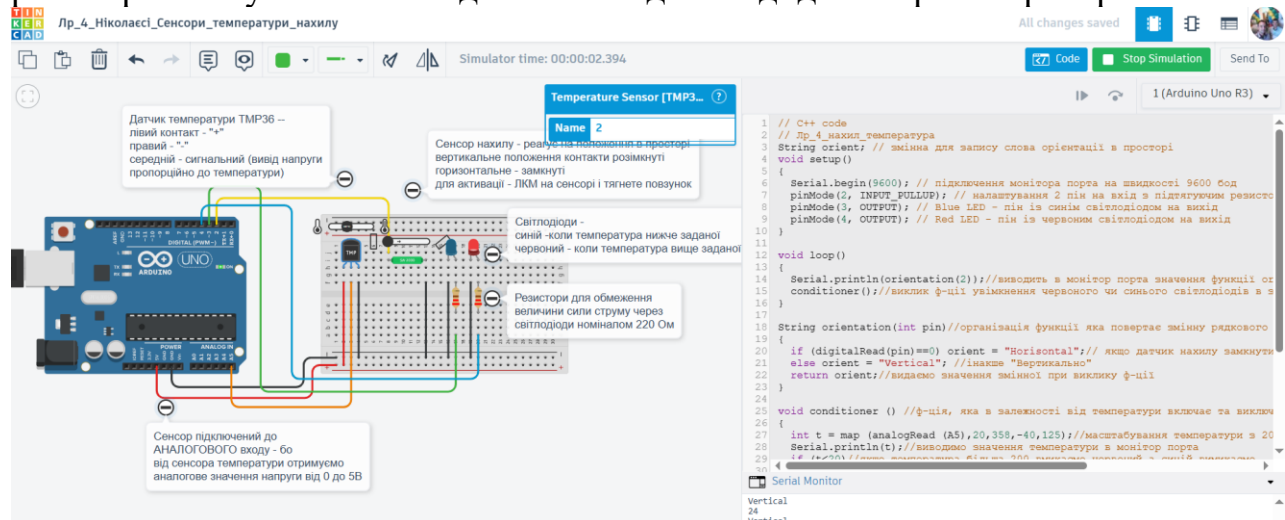
напруги», при цьому знайомляться з можливими варіантами його використання в практичних задачах. При захисті роботи викладач задає питання по кожному



**Рис. 1.** Виконана лабораторна робота: знайомство з UART-інтерфейсом, потенціометром, мультиметром, фоторезистором, кнопкою та підтягуючим резистором

електронному компоненту на схемі, по командах, використаних в коді та по алгоритмі роботи програми. Якщо бракує часу на виконання роботи, студент може в зручний час допрацювати проєкт, а викладач, зайшовши в персональний кабінет студента, перевірити виконання роботи та оцінити роботу без захисту.

Ще один приклад виконаної лабораторної роботи представлено на рис.2. В ній студенти знайомляться з принципами пошуку та вивчення документації сенсорів, мікросхем та вивчають принцип роботи сенсора нахилу. Також, в поданій роботі розглянуто нові методи та команди в коді для мікроконтролера.



**Рис.2.** Виконана лабораторна робота: знайомство з сенсором температури, нахилу та внутрішнім підтягуючим резистором

Під час виконання поданих робіт, здобувачі освіти зустрічаються з проблемами, які часто є причиною матеріальних збитків у реальних діючих

пристроях, апаратах: невірний записаний код програми, про який сигналізує компілятор середовища; помилки підключення електронних модулів, сенсорів, переплутування підключення провідників, коротке замикання, відсутність контактів, не замкнуте електричне коло; перевищення по потужності навантаження на різні модулі; невірний створений алгоритм роботи програми – коли ніби все вірно і помилок в коді немає, і схема не «горить», а результат роботи проекту не такий якого очікували. Вирішуючи вказані ситуації, студенти отримують досвід відлагодження електричних кіл та автоматизованих програмованих систем.

Окрім онлайн-симулятора TinkerCAD – який є залежним від наявності доступу до всесвітньої мережі Інтернет [5], є й інші доступні варіанти, як наприклад WokWi, але дане середовище не дозволяє організувати групове навчання з використанням віртуальних класних кімнат. Можна згадати пакет прикладних програмних продуктів – Simulink чи Proteus (комерційні продукти), та вони вже розраховані на професійного користувача і мають високий вступний поріг, студенти коледжів чи учні старших класів можуть втратити цікавість до інженерії через складність інтерфейсу, недостатність інтерактиву компонентів.

Одним з недоліків платформи є те, що віртуальне середовище не повністю відтворює реальні фізичні процеси, які відбуваються в електронних схемах. Це може створювати труднощі при переході від віртуального моделювання до роботи з реальними пристроями [4, с. 118].

Незважаючи на незначні недоліки, використання TinkerCAD має значні переваги, адже, сприяє розвитку цифрової компетентності, самостійності та творчого мислення студентів. Крім того, платформа дозволяє реалізувати сучасні підходи до навчання, зокрема STEM-освіту, яка передбачає інтеграцію знань із різних галузей [6, с. 15].

Використання онлайн-симулятора TinkerCAD у навчальному процесі дисципліни «Технології» є доцільним та ефективним як для студентів інженерних спеціальностей, так і для учнів старшої школи. Поєднання можливостей онлайн-симулятора разом із традиційними методами навчання дозволяє підвищити якість освіти та підготувати здобувачів освіти до викликів сучасного технологічного суспільства.

#### **Список використаних джерел**

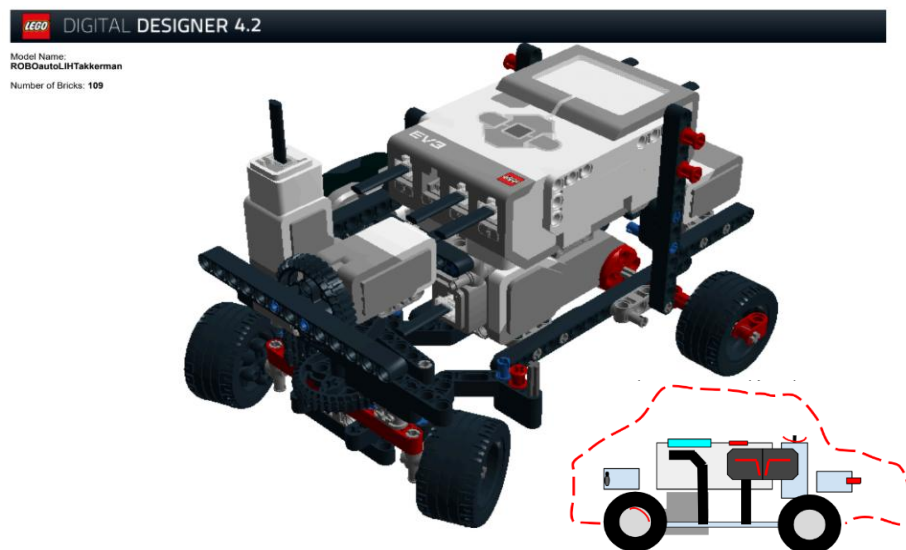
1. Tinkercad / Autodesk : вебсайт. URL: <https://www.tinkercad.com> (дата звернення: 09.04.2026).
2. Banzі M. Getting Started with Arduino. 2nd ed. Maker Media, 2011. 128 p.
3. Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича : вебсайт. URL: <https://college.chnu.edu.ua/> (дата звернення: 09.04.2026).
4. Floyd T. L. Electronic Devices. 10th ed. Pearson, 2017. 928 p.
5. Distance learning solutions / UNESCO : вебсайт. URL: <https://www.unesco.org/en/digital-education/distance-learning-solutions> (дата звернення: 09.04.2026).
6. Андрієвська В. М., Білоусова Л. І. Концепція BYOD як інструмент реалізації STEAM-освіти. Фізико-математична освіта. 2017. № 4. С. 13–17.

## АВТОНОМНИЙ ТРАНСПОРТ — МАЙБУТНЄ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ

**Проскурняк Д.В.**, студентка, **Кондрюк Д.В.**, викладач, к.ф.-м.н. Відокремленого структурного підрозділу «Фаховий коледж Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича», м. Чернівці, e-mail: [proskurniak.diana.clg@chnu.edu.ua](mailto:proskurniak.diana.clg@chnu.edu.ua), [d.kondrjuk@chnu.edu.ua](mailto:d.kondrjuk@chnu.edu.ua).

Сучасний розвиток міської логістики неймовірно тісно пов'язаний із впровадженням автономного транспорту, що потребує створення надійних алгоритмів орієнтування у просторі та інтелектуальних систем безпеки дорожнього руху. Використання платформи LEGO Mindstorms EV3 для навчання та прототипування у цьому контексті виходить за межі простого конструювання. Це потужний інструмент для інженерного моделювання, який дозволяє відтворити роботу «розумного» автомобіля, фокусуючись на складній логіці обробки даних із сенсорів та механізмах авторизації. Такий підхід допомагає глибше зрозуміти принципи роботи реальних робототехнічних систем та виклики, що постають перед розробниками безпілотного транспорту. Над вирішенням вказаної задачі працюють студенти ВСП «Фаховий коледж ЧНУ ім. Ю.Федьковича» на курсі «Робототехніка», використовуючи навчальні набори LEGO Mindstorms EV3.

У межах даної роботи реалізується програмний алгоритм паралельного паркування заднім ходом, що є однією з найскладніших задач для початківців-водіїв та систем автопілоту. Для досягнення реалістичності моделі використано передню підвіску типу Аккермана [1, с.10-14], яка забезпечує коректні кути повороту коліс, як у справжньому автомобілі. Система безпеки прототипу включає систему авторизації (введення пароля перед початком руху) та мережу датчиків: інфрачервоний датчик для моніторингу вільного місця, датчики світла (позаду) та дотику (спереду), які виконують функцію сучасних парктроніків для запобігання зіткненням рис.1.



*Рис. 1.* Модель робоавтомобіля створена в 3D – редакторі LEGO Digital Designer та її схематичне зображення.

Після введення правильного пароля доступу авто починає рух парковкою та пеленгує вільне місце для паркування. Етап паркування починається зі сканування простору вздовж перешкод – ряду припаркованих машин. Робот використовує інфрачервоний датчик, встановлений під кутом  $90^\circ$  до осі руху для ідентифікації вільного місця. Вимірювання протяжності паркомісця здійснюється шляхом підрахунку обертів енкодера ведучого мотора починаючи з моменту виявлення вільного простору. Якщо система визначає, що місця достатньо, запускається маневр паралельного паркування заднім ходом: проїзд вперед, доки задня вісь авто не зрівняється з задньою віссю переднього авто, далі йде серія команд для двигуна керованих коліс та ведучого двигуна, в результаті якої робоавто має стояти між двома автомобілями паралельно до бордюра. При програмуванні вказаного алгоритму, обов'язково, студенти мають враховувати фізичні обмеження, які має шасі автомобіля, а також, можливості та характеристики наявних на авто сенсорів та двигунів, оскільки, наприклад, програма не видасть помилки при задаванні одного повного оберта двигуном передніх керованих коліс, але фізично – такий рух є не можливим, оскільки поворот коліс обмежується геометрією трапеції передньої підвіски.

На рисунку 2 продемонстровано результат успішного виконання алгоритму, де робот зайняв оптимальну позицію в межах заданої зони.



*Рис. 2.* Модель робоавтомобіля та її успішне фінальне паркування в межах визначеної вільної зони після роботи алгоритму програми.

Для розробки алгоритму використовується середовище LEGO Mindstorms Education EV3 [2], особливості роботи з яким детально описано у методичних рекомендаціях [3, с. 24-27]. Вибір саме блочного програмування (рис. 3) дозволив абстрагуватися від низькорівневого синтаксису та зосередити увагу на побудові логічних зв'язків та розрахунках. Програма побудована за модульним принципом: окремі блоки відповідають за постійне опитування датчиків, логічні оператори-

розгалуження (якщо/інакше) приймають рішення про початок маневру, а цикли забезпечують необхідну кількість повторів та завершення циклу при настанні потрібних умов. Такий підхід до програмування вчить розбивати складні технічні завдання на прості ітерації, що є базовою навичкою в робототехніці.

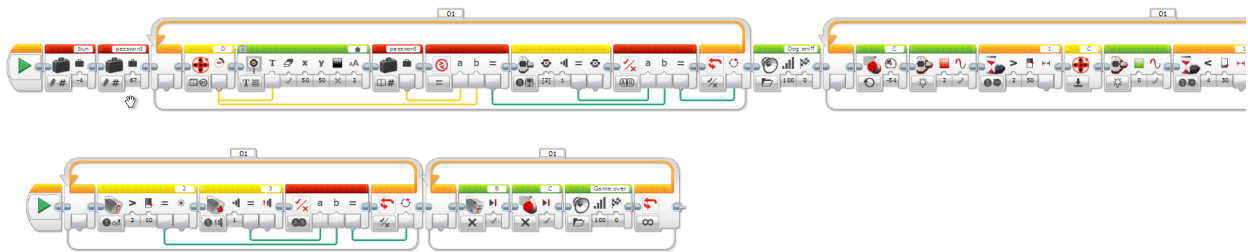


Рисунок 3. Фрагмент візуалізації програмної логіки та блочної структури алгоритму автономного паркування в середовищі LEGO Mindstorms Education EV3.

Створюючи алгоритм програми, студенти повинні розбити комбіновану задачу на частини та випробувувати по черзі кожен з блоків загального алгоритму. Візуальне програмування графічними блоками дозволяє зосередитись на самих діях робота та функціональності електронних блоків робота, а не думати про синтаксис коду, навантаженість на процесор та дефіцит пам'яті мікрокомп'ютера.

Як показує практика, використання робототехнічних наборів Lego Mindstorms EV3 для вивчення основ робототехніки, схемотехніки, мехатроніки, кінематики механізмів та багатьох інших галузей STEM-освіти є виправданим завдяки своїй витривалості до помилкових дій студентів, зручності побудови складних інженерних конструкцій, швидкості програмування мікрокомп'ютера, тестуванні та відлагодженні програм, моніторингу в реальному часі сенсорів та двигунів і т.д.

Спостерігаючи за результатом виконання лабораторної роботи можна зробити висновки, що апробація системи через серію контрольних заїздів виявила успішність алгоритму у 80% випадків. Важливим висновком дослідження є те, що основні похибки викликані не програмним кодом, а фізичними властивостями деталей LEGO, що давали мікровідхилення при поворотах. Це підкреслює важливість розуміння механіки при розробці роботів. Загалом, використання LEGO Mindstorms EV3 довело свою ефективність як інструмента для вивчення прототипів систем допомоги водію (ADAS) [4], дозволяючи на практиці опанувати принципи роботи сучасних технологій автономного керування.

### Список використаних джерел

1. Леонтьєв Д. М. Особливості вирішення задачі повороту керованих коліс автомобілів. Харків, 2016. С. 10–14.
2. LEGO Mindstorms Education EV3. URL: <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3> (дата звернення: 10.04.2026).
3. Кондрюк Д. В. Збірник завдань для виконання лабораторних робіт з курсу «Робототехніка». Чернівці, 2023. С. 24–27. URL: <https://docs.google.com/document/d/1Igm2I-NhAH0NtxKxUj6-9eigC8tOx00G> (дата звернення: 10.04.2026).

4. Вступ до ADAS: системи допомоги водію та їх реалізація в автономному транспорті. URL: <https://autoskola.com.ua/ua/blog/adas-i-asystenty-vodiia> (дата звернення: 10.04.2026).

## PROSPECTS FOR USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

**Hrama M.**

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: gramamp@nuft.edu.ua*

### **Prospects For Using Artificial Intelligence in Education**

*This article explores the fundamental shifts in the educational paradigm driven by the implementation of artificial intelligence. It focuses on the transition from standardized models to hyper-personalized learning, the transformation of the teacher's role toward mentorship, and issues of global accessibility and inclusivity. Ethical challenges, such as data privacy and algorithmic bias, are examined as critical factors requiring a balanced approach for the successful integration of technology into the learning process.*

The integration of artificial intelligence into the educational landscape represents one of the most significant pedagogical shifts since the invention of the printing press.

As we move deeper into the twenty-first century, the role of AI has transcended simple automation, evolving into a sophisticated partner capable of reshaping how knowledge is delivered, consumed, and validated. The primary prospect of this technological revolution lies in the move from a standardized, factory-model of education toward a fluid, hyper-personalized ecosystem that recognizes the unique cognitive fingerprint of every learner. By leveraging machine learning algorithms and vast datasets, educational institutions are beginning to dismantle the barriers of the traditional one-size-fits-all approach, paving the way for a future where every student receives a tailored educational experience that evolves in real-time.

At the heart of these prospects is the concept of adaptive learning environments. Unlike traditional software that offers a linear path through content, AI-driven platforms analyze a student's performance, engagement levels, and even frustration points to adjust the difficulty and style of instruction instantaneously. If a student struggles with a specific mathematical concept, the system does not simply provide more of the same problems; it identifies the underlying cognitive gap, perhaps offering a visual simulation or a linguistic explanation that aligns more closely with the student's established learning patterns. This shift ensures that learners remain in the zone of proximal development, where the material is challenging enough to encourage growth but not so difficult that it leads to burnout or disengagement.

The implications for educators are equally profound, suggesting a future where the teacher's role shifts from being the primary source of information to a mentor and facilitator of high-order thinking. Artificial intelligence excels at the administrative and repetitive tasks that currently occupy a significant portion of an educator's time, such as grading objective assessments, tracking attendance, and managing basic inquiries. By automating these processes, AI grants teachers the cognitive space to focus on the human elements of education—empathy, social-emotional development, and the cultivation of critical thinking. In this synergistic relationship, the AI handles the data-driven

optimization of skills, while the human teacher fosters the character and nuance necessary for true intellectual maturity.

Furthermore, the prospect of global accessibility through AI cannot be overstated. For millions of students in underserved regions or those with diverse learning needs, AI acts as a democratizing force. Real-time translation and transcription services break down language barriers, allowing students to access world-class lectures in their native tongues. For students with disabilities, AI-powered assistive technologies, such as sophisticated text-to-speech for the visually impaired or predictive communication tools for those with speech impediments, integrate them into the standard classroom environment more effectively than ever before.

This inclusivity extends to geographic limitations as well, as AI-driven virtual tutors can provide high-quality feedback to students in remote areas where specialized human instructors may be unavailable.

The evolution of assessment is another critical frontier in the AI-educational landscape. Traditionally, testing has been a snapshot of a student's knowledge at a single point in time, often plagued by anxiety and a narrow focus on memorization. Artificial intelligence enables continuous, formative assessment that tracks a student's progress over months or years.

By analyzing the process of how a student arrives at an answer, rather than just the final output, AI can provide insights into their problem-solving strategies and creative approaches. This allows for a more holistic view of intelligence and competence, moving education away from the high-stakes testing culture toward a model of constant improvement and mastery-based learning.

However, the rapid advancement of these technologies necessitates a rigorous examination of the ethical and structural challenges they present. The prospect of AI in education is inextricably linked to concerns regarding data privacy and the security of student information. As educational platforms collect granular data on student behavior and performance, the responsibility to protect this data from commercial exploitation or surveillance becomes paramount.

In conclusion, the prospects for artificial intelligence in education are characterized by a move toward a more compassionate, efficient, and inclusive system. By embracing AI as a partner, we can create learning environments that honor the individuality of every student, empower teachers to reclaim their roles as mentors, and provide universal access to the vast wealth of human knowledge.

The path forward requires a balanced approach that champions innovation while remaining vigilantly protective of human rights and the essential human connection that remains the foundation of all meaningful learning.

As these technologies continue to mature, they offer us the chance to redefine the very purpose of education, transforming it from a rigid institutional requirement into a dynamic journey of self-discovery and collective progress.

# OPTIMIZATION OF LARGE LANGUAGE MODEL ENERGY CONSUMPTION THROUGH NEUROMORPHIC HARDWARE INTEGRATION

**Hrama M.**

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: gramamp@nuft.edu.ua*

## **Optimization of Large Language Model Energy Consumption through Neuromorphic Hardware Integration**

*The rapid advancement of Large Language Models (LLMs) has ushered in a new era of artificial intelligence characterized by unprecedented natural language understanding and generation capabilities. However, this progress is tethered to a significant environmental and economic cost due to the astronomical energy requirements of training and deploying these models on traditional Von Neumann architectures. This thesis explores the transition from standard graphical processing units to neuromorphic hardware as a primary strategy for energy optimization. By leveraging event-driven processing, spiking neural networks, and non-colocated memory-logic structures, neuromorphic engineering offers a path toward sustainable AI. The discussion centers on the architectural synergy between the attention mechanisms of transformers and the temporal dynamics of neuromorphic systems, proposing a framework for hybrid integration that maintains computational precision while drastically reducing the carbon footprint of industrial-scale machine learning.*

The current trajectory of artificial intelligence development is increasingly defined by a critical tension between the scaling laws of deep learning and the thermodynamic limits of silicon-based hardware. Large Language Models, which now encompass hundreds of billions of parameters, require specialized data centers that consume megawatts of power, rivaling the energy demands of small metropolitan areas. The fundamental bottleneck resides in the Von Neumann architecture where the physical separation of the central processing unit and the memory subsystem necessitates constant data shuttling. This movement of data, rather than the computation itself, accounts for the majority of energy dissipation in modern LLM inference. As we move toward the horizon of trillion-parameter models, the reliance on traditional accelerators like GPUs and TPUs appears increasingly unsustainable, necessitating a paradigm shift toward hardware that mimics the biological efficiency of the human brain.

Neuromorphic engineering represents the most promising alternative to this energy crisis by fundamentally reimagining how information is processed. Unlike traditional digital systems that operate on high-frequency clock cycles and continuous data streams, neuromorphic chips utilize event-driven communication. In this architecture, processing only occurs when a specific threshold is met, resulting in "spikes" of activity. This sparsity is the key to energy efficiency. When applied to the dense matrix multiplications characteristic of LLMs, neuromorphic hardware allows for the suppression of redundant computations where input values are zero or negligible. Since the vast majority of activations in a fine-tuned transformer model are sparse, a neuromorphic implementation

can theoretically reduce energy consumption by several orders of magnitude without sacrificing the structural integrity of the model's knowledge base.

The transition of LLMs to neuromorphic substrates involves a complex process of converting standard artificial neural networks into Spiking Neural Networks or utilizing hybrid analog-digital systems. The attention mechanism, which is the core of the Transformer architecture, relies on calculating global dependencies across a sequence. In a neuromorphic context, this can be re-engineered through temporal coding, where the importance of a word or token is represented by the timing of a spike rather than its absolute magnitude. By utilizing the intrinsic dynamics of silicon neurons to perform these calculations, the energy cost per synaptic operation is reduced from picojoules to femtojoules. Furthermore, the massive parallelism inherent in neuromorphic chips allows for the execution of these operations in a decentralized manner, effectively eliminating the memory wall that plagues current hardware generations.

However, the path to neuromorphic optimization is not without significant technical hurdles. Most contemporary LLMs are trained using backpropagation and gradient descent, which require high-precision floating-point arithmetic and a differentiable loss function. Spiking systems are inherently non-differentiable in their raw form, complicating the direct training of LLMs on neuromorphic hardware. Current research focuses on two primary solutions: either training the model on traditional hardware and then converting the weights for neuromorphic deployment through sophisticated normalization techniques, or developing new learning rules such as surrogate gradients and biologically inspired plasticity. Achieving parity in terms of linguistic nuance and reasoning capabilities remains a challenge, as the quantization of weights into a spike-based format can lead to information loss if not managed with extreme precision.

The future of sustainable AI lies in the hardware-software co-design where the architecture of the LLM is optimized specifically for the strengths of the neuromorphic substrate. This includes the development of weight-stationary architectures where the model parameters remain stored within the processing elements themselves, a concept known as computing-in-memory.

In conclusion, the optimization of Large Language Models through neuromorphic hardware is not merely a technical improvement but a necessary evolution for the field of artificial intelligence. As the global demand for cognitive computing grows, the environmental impact of AI can no longer be ignored. Neuromorphic engineering provides a sophisticated solution that aligns the computational requirements of LLMs with the biological principles of efficiency. By embracing event-driven processing and in-memory computation, the industry can move toward a future where the power of language models is accessible, sustainable, and integrated into the fabric of everyday technology without compromising the ecological health of the planet. The shift from power-hungry digital accelerators to brain-inspired neuromorphic chips marks the beginning of the green AI revolution.

## ETHICAL AND TECHNICAL CHALLENGES OF EXPLAINABLE AI (XAI)

**Hrama M.**

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: gramamp@nuft.edu.ua*

### **Ethical and Technical Challenges of Explainable AI (XAI)**

*The rapid integration of artificial intelligence into critical sectors such as healthcare, finance, and criminal justice has underscored a fundamental tension between model performance and human understanding. This thesis explores the dual nature of Explainable Artificial Intelligence (XAI), analyzing the technical hurdles of post-hoc interpretability and the ethical dilemmas inherent in making complex algorithmic decisions transparent. By examining the trade-off between predictive accuracy and model simplicity, this work argues that true explainability is not merely a technical feature but a socio-technical necessity that requires reconciling mathematical fidelity with human cognitive limitations. The discussion extends to the risks of adversarial explanations and the potential for "fair-washing," concluding that the future of XAI must balance computational rigor with robust ethical frameworks to ensure accountability in autonomous systems.*

The evolution of machine learning from simple linear regressions to sophisticated deep neural networks has created a paradox where the most capable models are often the least understandable. This "black box" nature of modern AI presents a significant barrier to the widespread adoption of automated systems in environments where the cost of error is high. Explainable Artificial Intelligence (XAI) has emerged as a critical field of research aimed at bridging this gap, yet it faces a daunting array of technical and ethical challenges that complicate its implementation. Deep learning architectures, particularly large-scale transformers and convolutional neural networks, derive their power from millions of parameters and non-linear interactions that defy simple human intuition. When researchers attempt to extract explanations from these models, they often rely on post-hoc methods that approximate the model's behavior rather than reflecting its internal logic directly. This leads to the problem of fidelity, where the explanation may be a simplified narrative that sounds plausible to a human observer but fails to accurately represent the actual decision-making process of the underlying algorithm.

The technical landscape of XAI is further complicated by the distinction between global and local interpretability. Global interpretability attempts to explain the overall logic of a model across all possible inputs, which is nearly impossible for high-dimensional deep learning systems without sacrificing their predictive power. Consequently, much of the field has shifted toward local explanations, which clarify why a specific decision was made for a single input. However, techniques such as Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME) or Shapley Additive Explanations (SHAP) are often sensitive to noise and small perturbations in the data. If a minor change in an input leads to a radically different explanation while the model's output remains the same, the reliability of the XAI method is called into question. This instability creates a technical vulnerability where explanations can be manipulated, leading to a false sense

of security for end-users who might trust a flawed model simply because it provides a confident-sounding justification for its actions.

Beyond the purely mathematical and computational hurdles, the ethical implications of XAI are profound and multifaceted. One of the most pressing concerns is the phenomenon of "deceptive transparency" or "fair-washing." Because XAI methods are themselves models or approximations, they can be designed—intentionally or unintentionally—to hide the biased or discriminatory criteria used by the primary algorithm.

For instance, a loan-granting AI might rely on proxies for race or socioeconomic status, but its explanation module might highlight benign factors like "employment history" to satisfy regulatory requirements. This creates an ethical trap where transparency is used as a tool for obfuscation rather than accountability. The illusion of understanding can be more dangerous than a known black box, as it discourages critical oversight and allows systemic biases to persist under the guise of technological objectivity.

Furthermore, the "right to explanation," as enshrined in various legal frameworks like the General Data Protection Regulation (GDPR) in the European Union, poses an ethical and practical challenge regarding the audience of the explanation. An explanation that satisfies a data scientist might be entirely incomprehensible to a doctor, a judge, or a layperson. This subjectivity of understanding means that XAI must be tailored to the cognitive load and domain expertise of the specific user.

Accountability and liability represent another critical ethical frontier in the XAI discourse. In a scenario where an AI-driven medical diagnostic tool provides an incorrect recommendation along with a plausible-sounding explanation, who is responsible for the resulting harm? If the explanation appeared logical, the human practitioner might be exonerated for following the AI's lead, yet the patient still suffers. This "responsibility gap" is exacerbated by XAI because it blurs the line between human judgment and machine suggestion. The explanation serves as a bridge, but if that bridge is built on flawed approximations, it may lead to a diffusion of responsibility where neither the software developers nor the end-users are held fully accountable for the system's failures.

In conclusion, while Explainable AI is a vital step toward creating trustworthy autonomous systems, it is not a panacea. The technical challenges of ensuring high-fidelity, stable, and secure explanations are inextricably linked to the ethical imperatives of fairness, privacy, and accountability. Moving forward, the development of XAI must move beyond post-hoc approximations toward "inherently interpretable" models that are transparent by design. This requires a paradigm shift in the AI community, prioritizing not just the maximization of accuracy, but the optimization of the human-AI partnership. Only by addressing both the mathematical limitations of interpretability and the sociological complexities of human trust can we build AI systems that are truly beneficial to society and consistent with our ethical values.

## КОНВЕРГЕНТНА МОДЕЛЬ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

**Надія БОЖКО**, викладач-методист, викладач вищої категорії, викладач спецдисциплін технічного напрямку підготовки

**Олександр СИНЯВІН**, викладач спецдисциплін технічного напрямку підготовки ВСП «Фаховий коледж Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова», Миколаїв, Україна

E-mail: [nadia79bogko@ukr.net](mailto:nadia79bogko@ukr.net)

## CONVERGENT BLENDED LEARNING MODEL FOR THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES

***Abstract.** The report examines the practical experience of implementing a convergent model of blended learning through the integration of «Computer Electronics» and «Computer Circuitry» disciplines. The focus is on the collaborative teaching approach and the use of the Human educational ecosystem. The authors describe the synergetic effect of combining virtual simulation with physical prototyping.*

***Key words:** blended learning, computer engineering, professional competencies, Human platform, team teaching.*

Сучасні трансформації ІТ-галузі, зумовлені розвитком штучного інтелекту, кіберфізичних систем та вбудованих технологій, актуалізують проблему модернізації інженерної освіти. Особливої уваги потребує підготовка фахівців спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», для яких критично важливим є поєднання фундаментальних знань із практичними навичками розробки апаратно-програмних систем. Стрімке оновлення елементної бази, коли життєвий цикл апаратних технологій часто є коротшим за тривалість навчання студента, вимагає переосмислення методичних підходів до викладання дисциплін схемотехнічного та апаратного спрямування [3, с. 15].

Аналіз сучасних досліджень засвідчує, що традиційні підходи до навчання характеризуються фрагментарністю та недостатньою інтегрованістю дисциплін, що ускладнює формування цілісного професійного мислення [1, с. 47]. Ізольоване вивчення взаємопов'язаних курсів, особливо в умовах дистанційного навчання, часто призводить до втрати розуміння цілісності архітектури обчислювальної системи. У зв'язку з цим актуальним є впровадження конвергентних моделей змішаного навчання, які поєднують освітні компоненти, хмарні технології та фізичне прототипування в єдину методичну систему.

Сучасна підготовка фахового молодшого бакалавра зі спеціальності «Комп'ютерна інженерія» вимагає відмови від ізольованого викладання фундаментальних технічних дисциплін. Актуальність теми зумовлена необхідністю подолання когнітивного розриву між розумінням фізичних процесів

у напівпровідниках та логікою роботи складних мікропроцесорних систем. Метою роботи є опис конвергентної моделі навчання, що реалізується через інтеграцію змісту та методів викладання дисциплін «Комп'ютерна електроніка» та «Комп'ютерна схемотехніка».

Дослідження базується на досвіді спільного (бінарного) викладання двох дисциплін протягом 2023–2025 років. Методологічну основу становлять: компетентнісний, системний, конструктивістський та STEM-орієнтований підходи.

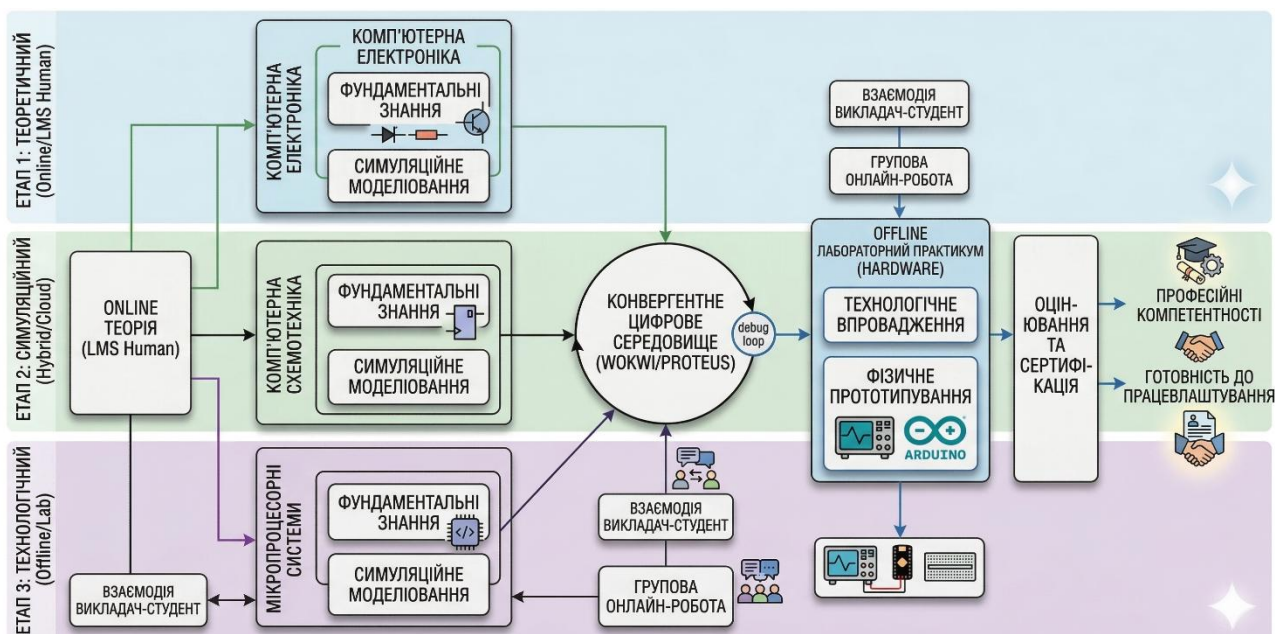
У дослідженні використано такі методи: теоретичні (аналіз літератури, узагальнення досвіду); емпіричні (педагогічний експеримент, спостереження); статистичні (порівняльний аналіз результатів). Методика включала використання хмарних симуляторів (Tinkercad, EasyEDA), середовища NI Multisim, а також платформ Arduino і FPGA для фізичної реалізації проєктів. Аналіз ефективності здійснювався через моніторинг виконання практичних кейсів [2, с. 115].

Запропонована модель передбачає інтеграцію дисциплін «Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка» та «Мікропроцесорні системи» у межах єдиної цифрової екосистеми (LMS Human, Wokwi, Tinkercad, Proteus Cloud), що трансформує навчання у цілісний процес формування інженерного рішення [2, с. 115].

Модель включає три взаємопов'язані рівні:

1. Теоретико-аналітичний: формування фундаментальних знань із використанням LMS Human та моделі «перевернутого класу».
2. Віртуально-симуляційний: моделювання схем у середовищах цифрових двійників (Wokwi, Multisim), що забезпечує безперервність навчання [3, с. 15].
3. Технологічно-апаратний: створення фізичних прототипів та їх тестування.

Структурна схема взаємозв'язків у межах запропонованої моделі представлена на рисунку 1.



Методичною новизною є впровадження рефлексивного моделювання та peer-to-peer оцінювання, що дозволяє організовувати хакатони та лабораторні дослідження схемотехнічних аномалій [1, с. 50].

Конвергентна модель реалізується через синхронізацію роботи викладачів, що забезпечує формування цілісного бачення життєвого циклу пристрою.

Практика показала ефективність трирівневої структури навчання (теоретичної, симуляційної та апаратної).

Таблиця 1.

Показники успішності студентів при впровадженні конвергентної моделі

Критерій оцінювання	Традиційне навчання (2022)	Конвергентне навчання (2024)	Динаміка
Вміння читати складні схеми	62%	81%	+19%
Навички монтажу та пайки	45%	68%	+23%
Самостійне проектування вузлів	38%	59%	+21%

Важливим компонентом є використання мікроконтролерів та FPGA-платформ, що формує цілісне розуміння інтеграції hardware і software [2, с. 118].

Командна робота викладачів дозволяє оперативно адаптувати програму до вимог ринку праці та впроваджувати реальні кейси.

Особлива увага приділяється розвитку soft skills через командні проєкти, що імітують професійне середовище.

Модель також сприяє підготовці до сертифікацій (Cisco, Intel).

Практична реалізація здійснюється через наскрізний лабораторний стек, що забезпечує формування єдиного інженерного рішення [2, с. 120].

Результати педагогічного експерименту, проведеного у 2023–2025 роках за участю понад 150 студентів, свідчать про суттєве підвищення ефективності навчального процесу в умовах впровадження конвергентної моделі. Зокрема, якість виконання курсових проєктів зросла з 72% до 89% (+17%), водночас середній час створення першого працездатного прототипу скоротився з 12 до 7 годин (–42%). Частка оригінальних технічних рішень збільшилася з 12% до 27% (+15%), а показник сформованості debugging-компетентності підвищився більш ніж удвічі - з 0,35 до 0,78 (+122%). Сукупність отриманих результатів підтверджує високу ефективність запропонованої моделі навчання та її позитивний вплив на формування професійних компетентностей майбутніх фахівців.

Конвергентна модель забезпечує формування системного мислення, підвищення професійних компетентностей та ефективності практичної підготовки. Її впровадження дозволило підвищити рівень практичної підготовки студентів на 21–23%.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з інтеграцією технологій штучного інтелекту для адаптивного навчання.

### Література

1. Жукова Ю. М. Інноваційні підходи до викладання схемотехніки у закладах фахової передвищої освіти. *Професійна освіта: проблеми і перспективи*. 2023. Вип. 24. С. 45–52.
2. Козак О. В. Методика використання симуляторів Tinkercad та Proteus у навчальному процесі коледжу. *Інформаційні технології в освіті*. 2024. № 2 (54). С. 110–121.
3. Спірін О. М., Лупаренко Л. А. Використання систем комп'ютерного моделювання для підготовки технічних фахівців. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*. 2022. Т. 5, № 1. С. 12–28.

## ФОРМУВАННЯ ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ КІБЕРБЕЗПЕКИ У ФАХОВІЙ ПЕРЕДВИЩІЙ ОСВІТІ НА ОСНОВІ РЕСУРСНОГО ПАРТНЕРСТВА З ІТ-БІЗНЕСОМ

Гак П.В., викладач спецдисциплін фахової комісії «Комп'ютерна інженерія та автоматизація», ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ», м. Полтава, Україна  
E-mail: [pavlo.hak@ceacademy.pl.ua](mailto:pavlo.hak@ceacademy.pl.ua)

### Formation of Practice-Oriented Cybersecurity Training Laboratories in Vocational Pre-Higher Education Based on Resource Partnership with IT Business

#### Abstract

*The paper considers the role of resource partnership between vocational pre-higher education institutions and IT business in the formation of practice-oriented cybersecurity training laboratories. The structure and functional components of a modern cybersecurity laboratory are analyzed as elements of a professional training environment aligned with labor market requirements. Particular attention is paid to the integration of real network equipment, server infrastructure, and cybersecurity tools into the educational process. The results demonstrate that cooperation with IT companies improves the quality of applied training and supports the development of competitive professional competencies among students.*

**Keywords:** *cybersecurity laboratory, vocational pre-higher education, resource partnership, IT business cooperation, practice-oriented training*

Сучасний розвиток цифрової економіки супроводжується швидким зростанням кількості кіберзагроз. Це зумовлює необхідність підготовки фахівців, здатних працювати в реальних інформаційно-комунікаційних інфраструктурах. Особливої актуальності набуває створення практико-орієнтованих лабораторій кібербезпеки у закладах фахової передвищої освіти. Саме вони формують середовище розвитку прикладних професійних компетентностей майбутніх ІТ-фахівців [1].

Підготовка фахівців у сфері кібербезпеки передбачає не лише засвоєння теоретичних основ захисту інформації. Вона також включає формування практичних навичок адміністрування мережевих систем, аналізу мережевого трафіку та виявлення кіберінцидентів. Важливими є також навички роботи із засобами міжмережевого екранування та тестування інформаційних систем на проникнення. Формування таких компетентностей відповідає рекомендаціям NICE Cybersecurity Workforce Framework [2].

Однією з ключових проблем створення сучасних лабораторій кібербезпеки є обмеженість фінансових ресурсів закладів освіти. Придбання спеціалізованого мережевого обладнання та серверних платформ часто є складним завданням. У таких умовах ефективним рішенням стає ресурсне партнерство з ІТ-бізнесом. Воно передбачає використання технічних, експертних та організаційних можливостей професійного середовища для підготовки майбутніх фахівців [3].

Практико-орієнтована лабораторія кібербезпеки є інтегрованим навчальним середовищем. Вона включає сегментовану мережеву інфраструктуру, сервери віртуалізації та засоби міжмережевого захисту. До її складу також входять системи моніторингу мережевого трафіку та спеціалізовані операційні системи для дослідження інформаційної безпеки. Використання реального обладнання дозволяє моделювати роботу корпоративних інформаційних систем. Це сприяє формуванню практичних навичок відповідно до сучасних європейських вимог розвитку кібербезпекових компетентностей [4].

Ресурсне партнерство з ІТ-компаніями може реалізовуватися у різних формах. Воно включає передачу мережевого обладнання та серверних платформ освітнім установам. Важливою є участь фахівців галузі у проведенні навчальних занять. Додатковим напрямом співпраці є консультаційна підтримка освітнього процесу. Представники бізнесу можуть брати участь і в оновленні змісту освітніх програм відповідно до потреб ринку праці [3].

Важливим напрямом ресурсного партнерства є матеріальна підтримка закладів освіти з боку ІТ-компаній у створенні навчальних мінілабораторій кібербезпеки. Така підтримка може включати передачу мережевого обладнання корпоративного класу, серверних платформ, міжмережевих екранів та спеціалізованого програмного забезпечення навчального призначення. У практиці взаємодії закладів освіти з регіональними ІТ-компаніями поширеним є використання модернізованого або списаного, але функціонально придатного обладнання для створення навчальних стендів. Це дозволяє моделювати реальні сценарії сегментації мережі, налаштування засобів мережевого захисту та аналізу кіберінцидентів у середовищі, максимально наближеному до корпоративної інфраструктури. Така співпраця є взаємовигідною, оскільки сприяє формуванню кадрового резерву для регіонального ІТ-сектору та підвищує практичну готовність випускників до професійної діяльності [3].

Використання лабораторій кібербезпеки значно підсилює практичну складову навчання. Студенти отримують досвід аналізу мережевих атак і налаштування засобів мережевого захисту. Вони також опановують адміністрування серверних систем та методи виявлення вразливостей інформаційних ресурсів. Такі підходи відповідають міжнародним рекомендаціям підготовки фахівців у галузі комп'ютерної інженерії та кібербезпеки [1; 2].

Лабораторії кібербезпеки можуть виступати ефективною платформою взаємодії закладів освіти з роботодавцями регіонального ІТ-середовища. Участь бізнесу у формуванні матеріально-технічної бази лабораторій сприяє адаптації освітніх програм до реальних потреб ринку праці. Це також скорочує період професійної адаптації випускників і підвищує їх конкурентоспроможність [6].

Ресурсне партнерство дозволяє інтегрувати освітній процес із реальними професійними практиками у сфері інформаційної безпеки. Такий підхід відповідає компетентнісній моделі підготовки фахівців технічного профілю. Він також узгоджується із сучасними рамками розвитку цифрових педагогічних компетентностей [5].

Таким чином, ресурсне партнерство між закладами фахової передвищої освіти та ІТ-бізнесом є ефективним інструментом створення сучасних лабораторій

кібербезпеки. Воно підвищує якість практичної підготовки здобувачів освіти. Крім того, воно сприяє їх успішній інтеграції у професійне середовище інформаційної безпеки.

Така модель співпраці відповідає сучасним підходам дуальної та практико-орієнтованої освіти у сфері інформаційних технологій.

#### Список використаних джерел

1. ACM/IEEE Computer Society. Computer Engineering Curricula 2020: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering. New York : Association for Computing Machinery, 2020.
2. NIST. National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) Cybersecurity Workforce Framework (NICE Framework). Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 2020.
3. European Commission. Vocational Education and Training in Europe: Supporting Digital and Green Transitions. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022.
4. ENISA. Cybersecurity Skills Development in the EU: Policy Approaches and Initiatives. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021.
5. UNESCO. ICT Competency Framework for Teachers. Paris : UNESCO, 2018.
6. ISACA. State of Cybersecurity 2023: Global Update on Workforce Efforts, Resources and Cyberoperations. Schaumburg : ISACA, 2023.

## ЦИФРОВА ЕКОСИСТЕМА СПЕЦІАЛЬНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЦІЇ ВЕБТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС

Гак П.В., викладач спецдисциплін фахової комісії «Комп'ютерна інженерія та автоматизація», ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ», м. Полтава,

Україна

E-mail: [pavlo.hak@ceacademy.pl.ua](mailto:pavlo.hak@ceacademy.pl.ua)

### Digital Ecosystem of the Computer Engineering Specialty Based on the Integration of Web Technologies into the Educational Process

#### Abstract

*The paper examines the role of the educational website of the Computer Engineering specialty as a digital tool supporting professional training in vocational pre-higher education institutions. The structure of the website and its educational, methodological, and communication components are analyzed as elements of a modern digital learning environment. Special attention is paid to the role of the website in strengthening specialty branding, increasing applicants' engagement, and supporting students' independent learning. The results confirm that systematic use of such web resources contributes to improving the effectiveness of engineering education in the context of digital transformation.*

**Keywords:** digital learning ecosystem, Computer Engineering education, vocational pre-higher education, educational website, specialty branding

Сучасний розвиток цифрового суспільства зумовлює необхідність трансформації освітнього середовища закладів фахової передвищої освіти відповідно до вимог цифрової економіки та ринку праці. Особливої актуальності набуває формування цифрових освітніх екосистем спеціальностей технічного профілю, що забезпечують інтеграцію освітніх ресурсів, педагогічної взаємодії та комунікації зі стейкхолдерами на основі вебтехнологій [1].

Підготовка фахівців з комп'ютерної інженерії передбачає не лише формування професійних компетентностей у галузі комп'ютерних систем, мережових технологій та програмного забезпечення, але й розвиток цифрової культури навчання, навичок самостійної освітньої діяльності та здатності до ефективної взаємодії у цифровому освітньому середовищі [2]. У цьому контексті важливим завданням педагогічної діяльності є створення інтегрованого цифрового середовища спеціальності як складової сучасної дидактичної інфраструктури.

Відповідно до сучасних педагогічних підходів цифрові вебплатформи освітніх підрозділів виконують функції інтеграції навчально-методичних матеріалів, підтримки змішаного навчання, організації комунікації між учасниками освітнього процесу, а також створення умов для індивідуалізації освітніх траєкторій здобувачів освіти [3]. Такі платформи формують основу цифрової

освітньої екосистеми спеціальності, яка забезпечує безперервність навчального процесу та підтримує професійний розвиток студентів.

Концепція цифрової освітньої екосистеми передбачає інтеграцію інформаційних ресурсів, педагогічних інструментів та цифрових сервісів у єдине середовище взаємодії студентів, викладачів, роботодавців та інших учасників освітнього процесу. Такий підхід відповідає сучасним моделям організації навчання у цифровому середовищі (digital learning ecosystems), що базуються на принципах відкритості, доступності освітніх ресурсів та активної взаємодії суб'єктів навчання [4].

Важливу роль у формуванні цифрової екосистеми спеціальності відіграє вебсайт освітнього підрозділу як центральний педагогічний інструмент координації інформаційних потоків і взаємодії учасників освітнього процесу. Через вебресурс забезпечується доступ до навчально-методичних матеріалів дисциплін, інформації про лабораторну базу спеціальності, результатів навчальної діяльності студентів, наукових заходів та можливостей професійного розвитку здобувачів освіти.

З педагогічної точки зору використання вебплатформи спеціальності сприяє організації самостійної роботи студентів, розвитку їх навчальної автономності та формуванню навичок безперервного професійного навчання. Крім того, вебсайт виступає середовищем підтримки позааудиторної діяльності студентів, що включає участь у наукових заходах, конференціях, професійних спільнотах та проєктній діяльності [7].

Практична реалізація концепції цифрової екосистеми спеціальності комп'ютерної інженерії була здійснена на основі розробки та впровадження вебплатформи **CEAcademy (Computer Engineering Academy)**, яка функціонує як центральний елемент інтеграції освітніх, педагогічних та комунікаційних процесів спеціальності [5].

Вебплатформа CEAcademy забезпечує комплексну підтримку освітнього процесу та виконує функції представлення освітньої програми підготовки фахівців, доступу до навчально-методичних матеріалів дисциплін, висвітлення діяльності студентів і викладачів, організації конференцій та інших науково-освітніх заходів, а також підтримки взаємодії зі стейкхолдерами та роботодавцями. Використання вебресурсу дозволяє забезпечити відкритість освітнього процесу та підвищити ефективність педагогічної комунікації між його учасниками.

Особливістю створення вебплатформи стало застосування моделі освітнього брендування спеціальності як інструменту формування її цифрової педагогічної ідентичності. На відміну від традиційних підходів до представлення освітніх програм було реалізовано концепцію формування впізнаваного цифрового образу спеціальності через створення окремого освітнього бренду **CEAcademy**, орієнтованого на позиціонування спеціальності у національному та міжнародному інформаційному освітньому просторі.

Застосування підходів освітнього брендування передбачало використання єдиного стилю представлення навчального контенту, структурованої системи подання освітніх матеріалів, орієнтації на різні категорії користувачів (абітурієнтів, студентів, роботодавців, випускників), а також формування

відкритого цифрового освітнього середовища спеціальності. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку освітнього маркетингу, відповідно до яких цифрова присутність освітніх підрозділів стає важливим чинником їх конкурентоспроможності та педагогічної привабливості для здобувачів освіти [6].

Особливої актуальності використання вебплатформ як елементів цифрової освітньої екосистеми набуває у закладах фахової передвищої освіти, де освітній процес має виражену практикоорієнтовану спрямованість і передбачає тісну взаємодію з роботодавцями та професійним середовищем. На відміну від класичної університетської моделі підготовки фахівців, фахова передвища освіта орієнтована на формування прикладних компетентностей та швидку адаптацію випускників до умов професійної діяльності, що потребує створення відкритого цифрового освітнього простору спеціальності як середовища постійної взаємодії всіх учасників освітнього процесу [9].

У цьому контексті вебсайт спеціальності виступає не лише засобом інформаційної підтримки навчання, а повноцінним педагогічним інструментом формування професійного освітнього середовища, яке забезпечує доступ до навчальних матеріалів, демонстрацію результатів практичної діяльності студентів, підтримку комунікації з роботодавцями та залучення здобувачів освіти до професійних спільнот ще на етапі навчання. Такий підхід сприяє формуванню практикоорієнтованої освітньої траєкторії студентів та підвищує рівень їх готовності до професійної діяльності в умовах цифрової економіки [2].

Крім того, використання цифрової платформи спеціальності у фаховій передвищій освіті створює передумови для інтеграції навчальної, позааудиторної та проєктної діяльності студентів у єдине освітнє середовище, що відповідає сучасним підходам до реалізації компетентнісної моделі підготовки фахівців технічного профілю [1].

Інтеграція вебтехнологій у структуру освітнього процесу також створює передумови для розвитку цифрових компетентностей педагогічних працівників відповідно до європейської рамки DigCompEdu, яка визначає використання цифрових технологій як необхідну складову сучасної педагогічної діяльності [3].

Крім того, використання вебресурсу спеціальності як інтеграційної платформи взаємодії зі стейкхолдерами дозволяє залучати роботодавців до модернізації змісту освітніх програм, розвитку матеріально-технічної бази та формування практикоорієнтованого освітнього середовища, що відповідає компетентнісному підходу до підготовки майбутніх фахівців [8].

Таким чином, формування цифрової екосистеми спеціальності комп'ютерної інженерії на основі інтеграції вебтехнологій в освітній процес забезпечує підвищення ефективності педагогічної діяльності, розвиток професійних компетентностей здобувачів освіти, підтримку змішаного навчання та створення умов для їх успішної інтеграції у сучасне цифрове професійне середовище.

Список використаних джерел

1. OECD. *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots*. Paris : OECD Publishing, 2021.
2. ACM/IEEE Computer Society. *Computer Engineering Curricula 2020: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering*. New York : Association for Computing Machinery, 2020.
3. Redecker C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2017.
4. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. 2005. Vol. 2, No. 1.
5. Computer Engineering Academy. Офіційний сайт спеціальності «Комп'ютерна інженерія». URL: <https://www.ceacademy.pl.ua/> (дата звернення: 12.03.2026).
6. Kotler P., Fox K. *Strategic Marketing for Educational Institutions*. 2nd ed. Upper Saddle River : Prentice Hall, 1995.
7. Anderson T. *The Theory and Practice of Online Learning*. 2nd ed. Edmonton : Athabasca University Press, 2008.
8. UNESCO. *ICT Competency Framework for Teachers*. Paris : UNESCO, 2018.
9. European Commission. *Vocational Education and Training in Europe: Supporting Digital and Green Transitions*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022.

## **РОЗШИРЕННЯ МОДЕЛІ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ФАХІВЦЯ ІЗ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ У ФАХОВІЙ ПЕРЕДВИЩІЙ ОСВІТІ НА ОСНОВІ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ПРАКТИК**

Одарущенко О.М., д.т.н., проф.

ПАТ «НВП «Радій», ТОВ «НВП «Радікс»

Сучасний розвиток комп'ютерної інженерії характеризується зростанням ролі кіберфізичних систем, систем реального часу та систем керування критичною інфраструктурою. Особливої ваги набувають інформаційно-керуючі системи атомних електростанцій, транспортних і енергетичних об'єктів, які повинні відповідати вимогам високої готовності, функційної безпечності та кіберстійкості.

У зв'язку з цим набуває актуальності проблема підготовки фахівців, здатних розробляти та супроводжувати такі системи. Водночас аналіз освітніх програм за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія» показує, що вони переважно орієнтовані на загальні ІТ-компетентності (програмування, комп'ютерні мережі, архітектура комп'ютерів) і недостатньо враховують специфіку створення критичних систем. Разом з тим зростає потреба у фахівцях, які володіють: підходами до забезпечення надійності та безпеки; знаннями стандартів розроблення і експлуатації критичних систем; практичними навичками роботи з програмно-технічними комплексами.

Практика компаній «Радій» та «Радікс» демонструє сучасний рівень інженерії у сфері критичних систем. Розроблювані ними рішення базуються на використанні (Field-Programmable Gate Array (FPGA), програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) - технологій і характеризуються:

- застосуванням відмовостійких архітектур (резервування, голосування) [1];
- забезпеченням необхідних рівнів функціональної безпеки (Safety Integrity Level - SIL) відповідно до міжнародних стандартів [2,3];
- реалізацією кіберзахисту без використання операційних систем;
- впровадженням принципів defense-in-depth та внутрішньої диверсності.

Зазначені підходи суттєво перевищують рівень класичної підготовки техника-програміста і обумовлюють необхідність їх інтеграції в освітній процес. На основі узгодження змісту освітньо-професійних програм та індустріальних вимог пропонується розширити модель компетентностей майбутніх фахівців.

До поглиблених технічних компетентностей доцільно віднести: проектування цифрових систем на базі ПЛІС; використання мов опису апаратури VHDL, System Verilog; аналіз відмов (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA); верифікацію та валідацію (V&V) систем [4].

Системні компетентності повинні включати: розуміння життєвого циклу критичних систем; трасування та управління вимогами; проектування архітектур безпечних систем.

До безпекових компетентностей доцільно віднести: забезпечення кібербезпеки промислових інформаційно-управляючих систем; застосування підходів secure-by-design; аналіз вразливостей та загроз.

Інтеграція індустріальних практик у освітній процес може бути реалізована за такими напрямками.

По-перше, доцільним є оновлення змісту навчальних дисциплін. Зокрема, до дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка» можливим є включення модулів з вивчення схемотехніки ПЛІС. До дисциплін, пов'язаних з надійністю, доцільно включити питання щодо методів забезпечення відмовостійкості та функційної безпечності [5-7].

По-друге, важливо посилити практичну підготовку шляхом використання кейсів з реальних проєктів (зокрема, у сфері атомної енергетики), а також впровадження лабораторних робіт, що моделюють відмови та аварійні режими.

По-третє, доцільно розширити співпрацю зі стейкхолдерами, що передбачає залучення інженерів-практиків до освітнього процесу, організацію стажувань студентів.

По-четверте, необхідно орієнтувати курсові та кваліфікаційні роботи на тематику сучасних індустріальних задач, зокрема розроблення відмовостійких систем, програмовних логічних контролерів та систем безпеки.

Таким чином, інтеграція індустріальних практик компаній «Радій» та «Радікс» у освітній процес дозволяє суттєво розширити професійні компетентності здобувачів освіти, підвищити практичну спрямованість підготовки та забезпечити відповідність сучасним вимогам ринку праці.

#### Список використаних джерел

1. Radiy. URL: <http://www.radiy.com/en/>.
2. IEC. (2010). IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
3. IEC. (2011). IEC 61513: Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems.
4. IEEE. (2016). IEEE 1012: Software verification and validation.
5. Naumenko, V. Moskalets, O. Odarushchenko, L. Degtyareva, O. Letychevskyi. Formal Methods of FPGA Project Verification Flow. Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, 2021, 2, P.1141-1146.
6. Medoff, M., Faller R., “Functional Safety - An IEC 61508 SIL 3 Compliant Development Process”. URL: [www.exida.com](http://www.exida.com) (accessed July 24, 2024).
7. Sommerville, I. (2011) ‘Software Engineering,, 9th ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 790 p. ISBN: 978-0-13-703515-1.

## PROJECT-BASED LEARNING IN ESP CLASSES FOR COMPUTER ENGINEERING STUDENTS

**Natalia BESSARAB**, English Teacher,  
*SSS "Poltava College of Food Technologies of the National University of Food Technologies", Poltava*  
E-mail: [snbessarab@i.ua](mailto:snbessarab@i.ua)

**Abstract:** *The article explores the implementation of project-based learning (PBL) in English for Specific Purposes (ESP) classes for computer engineering students. The author emphasizes the transition from traditional teaching methods to innovative, student-centered approaches that bridge the gap between theoretical knowledge and practical professional application. The paper provides specific examples of projects, such as IoT device presentations and technical documentation development, which integrate language acquisition with engineering tasks. The study concludes that PBL significantly enhances communicative competence, critical thinking, and student motivation in a global professional environment.*

**Keywords:** *project-based learning, ESP, computer engineering, communicative competence, vocational education, student engagement.*

**Анотація:** *У статті розглядається впровадження методу проєктного навчання (PBL) на заняттях з англійської мови професійного спрямування (ESP) для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія». Автор акцентує увагу на переході від традиційних методів викладання до інноваційних, студентоцентризованих підходів, що дозволяють подолати розрив між теоретичними знаннями та практичною професійною діяльністю. У роботі наведено конкретні приклади проєктів, як-от презентація IoT-пристроїв та розробка технічної документації, що інтегрують вивчення мови з інженерними завданнями. Доведено, що проєктне навчання суттєво підвищує комунікативну компетентність, критичне мислення та мотивацію студентів у глобальному професійному середовищі.*

**Ключові слова:** *проєктне навчання, англійська мова професійного спрямування, комп'ютерна інженерія, комунікативна компетентність, фахова освіта, залученість студентів.*

Modern trends in vocational and higher education require training highly qualified specialists who are able to apply their knowledge in real-life professional situations. Within the framework of computer engineering education, students are expected not only to master technical skills but also to communicate effectively in English in a global professional environment. English for Specific Purposes (ESP) plays a significant role in developing communicative competence [3, c. 18]. However, traditional teaching methods often lack practical orientation. Students may know grammar and vocabulary, but struggle to use them in professional contexts. Therefore, innovative teaching approaches are required to bridge the gap between theory and practice.

One of the most effective approaches is project-based learning (PBL). It is a student-centered method that involves solving real or simulated professional problems [1, c. 39]. This approach integrates language learning with professional skills development and promotes active student engagement. The implementation of project-based learning in teaching English for computer engineering students contributes to the formation of professionally oriented communicative competence.

The following project examples demonstrate how language learning can be effectively integrated with practical engineering tasks and real-world problem-solving:

1. **Project: “Smart Device Presentation for International Clients”.** Students design a concept of an IT device (e.g., a smart home sensor or wearable device) and prepare a presentation in English for potential international clients.
2. **Project: “Technical Documentation in English”.** Students create a user manual or technical description of a device/system in English, focusing on technical style and engineering terminology.
3. **Project: “Business Trip Simulation”.** Students simulate an engineer’s business trip abroad, including booking, meetings, and negotiations.
4. **Project: “Troubleshooting and Technical Support”.** Students solve a network failure case and propose solutions using professional vocabulary.

The structure of the educational process during PBL is presented in Table 1.

Table 1. Stages of Project-Based Learning in ESP Classes

Stage	Activities	Skills Developed
<b>Preparation</b>	Topic selection, vocabulary introduction	Reading, vocabulary
<b>Planning</b>	Task distribution, discussion	Speaking, teamwork
<b>Implementation</b>	Project work, research	Writing, problem-solving
<b>Presentation</b>	Project presentation	Speaking, communication
<b>Evaluation</b>	Feedback, assessment	Critical thinking

Digital tools play an important role in enhancing project-based learning. Learning platforms help organize tasks, provide feedback, and support collaboration [2, c. 112]. They also increase student engagement and motivation, especially in blended learning environments. Blended learning combines classroom interaction with online activities. This approach makes learning more flexible and accessible. Students can work on projects both in class and independently, which supports learner autonomy.

Assessment is an important component of project-based learning. It should include both the final product and the learning process. Teachers may evaluate presentations, teamwork, language use, and problem-solving skills. Peer assessment and self-assessment can also be used effectively. The implementation of project-based learning contributes to the development of key competences, such as critical thinking, communication, collaboration, and creativity. These competences are essential for future computer engineers.

Thus, project-based learning increases student motivation, as learners clearly see the practical value of English for their future profession. It creates a meaningful learning environment and encourages active participation. In conclusion, integrating project-based learning into ESP classes is an effective way to prepare future computer engineers. It ensures practical orientation and helps students become competitive specialists in the global labor market.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. 2010. Vol. 83, No. 2. P. 39–43.
2. Dudeney G., Hockly N. *How to Teach English with Technology*. Pearson Education Limited, 2012. 192 p.
3. Hutchinson T., Waters A. *English for Specific Purposes*. Cambridge : Cambridge University Press, 1987. 183 p.
4. Richards J. C. *Curriculum Development in Language Teaching*. Cambridge : Cambridge University Press, 2001. 292 p.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ І АСТРОНОМІЇ

*Романишина Еліна Євгенівна – викладач фізики, викладач вищої категорії, викладач-методист ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ»*

*E-mail: [elromaska@gmail.com](mailto:elromaska@gmail.com)*

Abstract. The article substantiates the effectiveness of using digital tools and interactive simulations to enhance students' cognitive activity during physics classes in college. Particular emphasis is placed on the applied aspect of teaching, which enables future computer engineering specialists to understand the physical principles underlying modern hardware and communication systems.

Цифровізація охоплює не тільки ключові галузі господарства України, а й займає важливе місце у розвитку освіти. Сучасна цифровізація освіти є не просто вимогою часу, а основним інструментом для модернізації навчання фізики, перетворюючи теоретичні знання на наочний досвід. Впровадження віртуальних лабораторій та інтерактивних симуляцій під час навчання стимулює пізнавальний інтерес студентів та сприяє глибшому розумінню фундаментальних законів природи. Використання інформаційних технологій при вивченні фізики дозволяє не лише візуалізувати складні процеси, а й наблизити теорію до майбутньої професії. Прикладна фізика виступає основою, що пояснює принципи роботи технічних засобів, систем передачі даних та мікроелектроніки. Такий підхід перетворює навчання на процес дослідження фізичних основ цифрового світу.

Один із напрямів роботи є використання цифрових інструментів і технологій під час аудиторних занять та позаурочних заходів. Інтерактивні симуляції, розміщені на платформі PhET, дозволяють зв'язок між абстрактними формулами та реальним світом. Вони забезпечують візуалізацію фізичних явищ, які неможливо відтворити в умовах звичайної лабораторії, і дозволяють студентам самостійно експериментувати.

Так, під час проведення циклу лабораторних робіт із розділу «Електродинаміка» доцільно поєднувати традиційні досліди з використанням фізичного обладнання та інтерактивні симуляції. Практика показує: під час реального експерименту у студентів часто виникає побоювання припуститися помилки чи не впоратися із завданням. Натомість робота з віртуальними моделями знімає цей психологічний бар'єр, завдяки чому всі здобувачі освіти активно залучаються до процесу. Такий підхід забезпечує можливість індивідуального темпу роботи, проведення великої кількості повторення досліду та, що є критично важливим у сучасних реаліях, дозволяє виконувати завдання дистанційно за наявності доступу до інтернету. Приклад дослідження паралельного з'єднання опорів зображений на рисунку 1.

Зокрема, під час заняття з визначення електроємності конденсатора симуляція дозволяє не лише розрахувати його характеристики, а й візуалізувати

внутрішні процеси, що є неможливим при роботі з реальним приладом. На рисунку 2 ми можемо спостерігати приклад виконання даного експерименту.

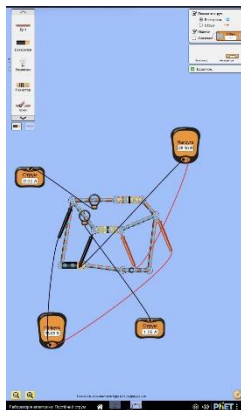


Рис.1. Схема паралельного з'єднання опорів.

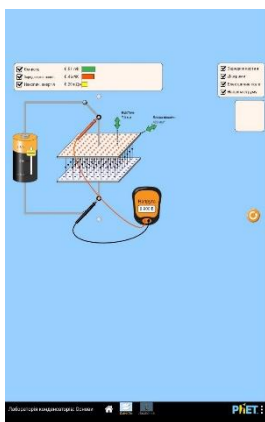


Рис. 2. Дослідження характеристик конденсатора.

Аналогічні переваги ми спостерігаємо і при виконанні інших робіт, наприклад, під час дослідницької перевірки ізопроесів у молекулярній фізиці, де студенти можуть спостерігати за рухом молекул та зміною макропараметрів стану газу.

Наступним методом є використання системи тестування на платформі Moodle. Коли студенти обирають спосіб перевірки знань, вони зазвичай надають перевагу онлайн-тестам саме в цій системі. Головною перевагою онлайн-тестування є миттєве отримання результатів оцінювання.

Окрім підсумкового контролю, доцільно впроваджувати систему поточного тестування на кожному занятті. При цьому питання з попередніх тестів мають бути включені у наступних. Такий підхід забезпечує постійний контроль знань і сприяє переходу інформації з короткочасної пам'яті до довготривалої, що стимулює розвиток когнітивних здібностей студента.

Цифрові інструменти, такі як ChatGPT, Canva, InShot та CapCut використовуються для виконання творчих завдань і наукових досліджень. На рисунку 3 представлено зразки рекламної продукції, що популяризує міжпланетні польоти. Для виконання завдання всі студенти надали перевагу цифровим інструментам.

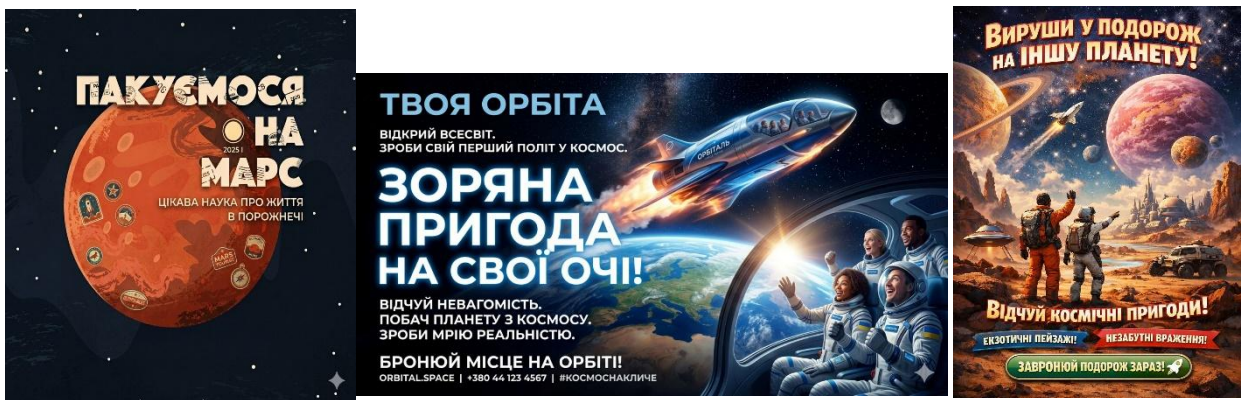


Рис.3. Зразки рекламної продукції

Використання таких методів викликає значне зацікавлення у студентів, сприяє активізації їхньої роботи, посилює інтерес до вивчення та доведення законів фізики. Це стосується здобувачів освіти різних спеціальностей та вікових категорій, які навчаються у коледжі. На сьогодні цифрові додатки відіграють важливу роль на всіх етапах освітнього процесу.

Другий напрямок роботи є формування професійної компетентності, а саме діяльнісного компонента, пов'язаного з практичним дослідом застосування знань. Під час вивчення та закріплення матеріалу враховується прикладна спрямованість фізики для здобувачів освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». Основні акценти робляться на вивченні таких розділів, як «Електростатика», «Електродинаміка», «Електромагнетизм», «Оптика» та «Квантова фізика».

Розглянемо конкретні приклади. При вивченні розділу «Оптика» явище повного внутрішнього відбивання, розглядається не лише як цікавий оптичний ефект, а як фізична основа передачі світлового імпульсу через оптоволокно. Зокрема, ми досліджуємо технологію PON, яка дозволяє забезпечувати доступ до мережі інтернет навіть за умов відсутності електропостачання. У межах розділу «Квантова фізика» пояснюються межі пропускну здатності каналів зв'язку та процеси перетворення світлових сигналів у цифрові дані. Під час вивчення теми «Електричний струм у напівпровідниках» особлива увага приділяється р-п переходу як основі логіки роботи сучасного процесора. Прикладний зміст фізики в коледжі перетворює її на дієвий інструмент для розуміння принципів апаратного забезпечення. Це не просто загальноосвітній предмет, а невід'ємна складова фахової підготовки.

Отже, використання цифрових технологій на заняттях із фізики суттєво підвищує якість освітнього процесу, забезпечуючи перехід від пасивного запам'ятовування до активного дослідження та експериментування. Застосування інтерактивних симуляцій та віртуальних інструментів робить освітній процес більш динамічними і наочними, що не лише полегшує розуміння складних фізичних явищ, а готує майбутніх фахівців до викликів цифрового світу. В свою чергу, прикладний зміст вивчення фізики в коледжі робить її одним із елементів фахової підготовки, що сприяє формуванню професійних компетентностей майбутніх спеціалістів.

## Література

1. Биков В. Ю. Цифрова трансформація освіти і розвиток інформаційно-освітнього середовища. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Т. 70. № 2. С. 15–36.
2. Wieman C., Adams W., Perkins K. PhET: Simulations That Enhance Learning. Science. 2008. Vol. 322. No. 5902. P. 682–683.
3. Dougiamas M., Taylor P. Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System. Proceedings of EDMEDIA. 2003. P. 171–178.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ПРОЄКТІВ СХЕМОТЕХНІЧНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ ЗДОБУВАЧАМИ ОСВІТИ РІВНЯ ФАХОВИЙ МОЛОДШИЙ БАКАЛАВР**

**Тиртишніков О.І.**, к.т.н., доцент.

*ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ»*

*E-mail: [alexey\\_it@ukr.net](mailto:alexey_it@ukr.net)*

### **ВСТУП**

Підготовка сучасного фахівця спеціальності «Комп'ютерна інженерія» освітнього рівня фаховий молодший бакалавр вимагає, для формування спеціальних компетентностей, визначених відповідною освітньо-професійною програмою, як ґрунтовної теоретичної підготовки, так і отримання практичних умінь та навичок.

Ефективним методом підвищення рівня практичної спрямованості навчання є проєктне навчання, однією із форм реалізації якого є виконання здобувачами освіти так званих практичних проєктів. Під практичними далі будемо розуміти проєкти, результатом яких є створення (виготовлення, реалізація) конкретного пристрою (демонстраційного або лабораторного), фрагменту локальної мережі, програмного продукту (або його частини), або модернізація і вдосконалення вже існуючих рішень. Також до них можна віднести комп'ютерні моделі логічних та електронних схем, створені засобами систем автоматизованого проєктування. Відповідно, практичні проєкти, що виконуються здобувачами освіти спеціальності «Комп'ютерна інженерія» можна умовно розподілити на три основні напрямки: схемотехнічний, мережевий та програмний.

### **ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАКТИЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ**

До практичних проєктів схемотехнічної спрямованості можна віднести розробки, що належать до мікроконтролерних систем та інтернету речей, схемотехніки та цифрової логіки на основі програмованих логічних інтегральних схем, робототехніки та убудованих систем, створення електронних пристроїв що розширюють або вдосконалюють можливості окремих підсистем персонального комп'ютера (наприклад, аудіо- або відеопідсистеми).

Типовим результатом виконання практичного проєкту схемотехнічного напрямку може бути лабораторний вимірювальний прилад (генератор, осцилограф, комплексний прилад), лабораторний блок живлення, автономний робот, лабораторний стенд для дослідження функціонування типових електронних вузлів або пристроїв, вивчення основ програмування мікроконтролерів або програмованих логічних інтегральних схем, пристрої для апаратного моніторингу

функціонування комп'ютерів або вдосконалення можливостей окремих їх підсистем (аналого-цифрові перетворювачі, акустичні системи, підсилювачі).

Виконання практичних проєктів схемотехнічної спрямованості не лише формує навички роботи з вимірювальними приладами, читання та аналізу технічної документації та налагодження складних програмно-апаратних комплексів, а також сприяє формуванню алгоритмічного та аналітичного мислення, допомагає розвивати емоційний інтелект, комунікативні навички та роботи в команді. При цьому результативність даної форми практичного навчання напряму визначається рівнем її організації та забезпечення – тобто, наявністю достатніх часового та матеріально-технічного ресурсу.

Як підготовчий або початковий етап практичного проєктування може розглядатися залучення студентів молодших (першого та другого) курсів до участі в гуртках технічної творчості.

Другим етапом може бути виконання (на третьому курсі) курсового проєкту з дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка», де здобувачу освіти пропонується вибір не лише типових (розрахунково-модельних) варіантів, а також орієнтовних тем для практичного проєктування. Важливим моментом тут є аналіз, визначення перспективності та корегування керівником проєкту «ініціативних» тем, запропонованих здобувачами освіти.

Необхідні часовий та матеріально-технічний ресурс можуть бути надані виконавцю під час проходження (наприкінці третього курсу) навчальних практик – електрорадіомонтажної та електрорадіовимірювальної. Тобто, виконання практичного проєкту схемотехнічної спрямованості тут розглядається як індивідуальне завдання практиканту. Для проєктів порівняно невисокого ступеня складності даний етап може бути заключним.

В разі, якщо проєкт порівняно складний, а також визначені можливість і доцільність його подальшого розвитку та вдосконалення, останнім етапом є виконання кваліфікаційної роботи (дипломне проєктування). При цьому, очевидно, проєкт становиться практичною частиною кваліфікаційної роботи.

## ВИСНОВКИ

Виконання здобувачами освіти практичних проєктів сприяє формуванню компетентностей здобувачів освіти та розвитку їх особистих здібностей. Розглянута послідовність «наскрізного» практичного проєктування забезпечує можливість виконання проєктів схемотехнічного спрямування різних ступенів складності.

Із прикладами проєктів, виконаних за останні роки здобувачами освіти спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ВСП ПФК НУХТ можна ознайомитися на сайті спеціальності за посиланням <https://www.ceacademy.pl.ua/projects/>.

## **РОЗВИТОК ПРОФЕСІЙНОЇ АНГЛІЙСЬКОЇ В ПІДГОТОВЦІ ІТ-СПЕЦІАЛІСТІВ ПРИКЛАДНОГО РІВНЯ**

**Сенченко В.О.**, викладач англійської мови, ТПФК ВНАУ

*E-mail: vika.vita.kseniia@gmail.com*

### **Professional English Development in Training IT Specialists of the Applied Level**

**Abstract:** The article addresses the dilemma of developing professional English competencies for IT specialists using innovative educational approaches. The study is focused on overcoming key challenges: communication anxiety, lack of motivation, and insufficient professional vocabulary. The research depicts practical solutions using modern educational tools – ChatGPT, YouTube, and Grammarly – integrated into the teaching methodology. Due to the findings the systematic application of these platforms significantly enhances students' confidence in professional communication, expands their technical vocabulary, and increases motivation for learning English. The offered methodology can be recommended for implementation in any vocational institutions preparing IT specialists.

**Keywords:** professional English, soft skills development, IT specialists, communication anxiety, innovative educational tools, vocabulary building

### **Вступ**

Сьогодні успішна підготовка ІТ-спеціалістів вимагає від закладів освіти не лише передачі технічних знань. Розвиток комунікативних компетентностей (soft skills) є одним з пріоритетних. Професійна англійська мова є невід'ємною частиною цих компетентностей, оскільки більшість сучасної технічної документації та професійного спілкування в ІТ-галузі відбувається англійською мовою. Проте, у практиці викладання спостерігаються стійкі проблеми: студенти бояться говорити англійською, мають низьку мотивацію до вивчення мови та недостатній рівень професійної лексики.

За 25 років викладацького досвіду я виявила, що традиційні методи навчання часто не розв'язують ці проблеми. Актуальність дослідження полягає в необхідності розробки та впровадження інноваційних методик, які б зробили навчання англійської більш практичним, мотивуючим та ефективним для майбутніх ІТ-фахівців. Мета роботи – продемонструвати ефективність інтеграції сучасних освітніх платформ у процес розвитку професійної англійської мови студентів технічних спеціальностей.

### **Матеріали та методи**

Дослідження базується на аналізі практичного досвіду викладання англійської мови студентам технічних спеціальностей, спостереженнях за

типovими труднощами в навчанні та аналізі впливу інноваційних освітніх інструментів на результативність навчання.

Методичний підхід включає: виявлення основних проблем у розвитку комунікативних навичок студентів, а саме, низька мотивація, брак професійної лексики, тощо; розроблення практичних завдань та матеріалів для розвитку професійної англійської; впровадження інноваційних освітніх платформ у підготовку навчальних матеріалів та організацію освітнього процесу (ChatGPT для генерування завдань та сценаріїв ділового спілкування, YouTube та TED Talks для розвитку навичок аудіювання та говоріння, Grammarly для надання зворотного зв'язку на писемне мовлення); систематичне спостереження та аналіз змін у мотивації та компетентностях студентів; опитування студентів щодо ефективності запропонованих методів.

### **Результати та обговорення**

Впровадження інноваційних освітніх платформ у процес навчання англійської мови дало позитивні результати. ChatGPT виявився ефективним інструментом для генерування автентичних завдань, адаптованих до різних рівнів англійської мови та специфіки ІТ-спеціальностей. За допомогою цього інструменту можна створювати практичні сценарії ділових переговорів, симуляції написання технічних звітів, презентацій ІТ-проектів, що дозволяє студентам практикуватись у професійній комунікації в безпечному середовищі та зменшити комунікативну тривожність на самих заняттях. YouTube та TED Talks є величезним джерелом доступу до відео контентів про ІТ-розвиток, інновації в цій галузі, успішні кейси та історії професіоналів. Такий контент значно підвищує мотивацію студентів до вивчення англійської, оскільки матеріали практично релевантні та цікаві для їхніх майбутніх професій. Перегляд таких автентичних матеріалів дозволяє студентам поступово звикнути до природного темпу англійської мови, розширити словниковий запас та опанувати професійну термінологію. Grammarly є чудовим інструментом для надання автоматичного зворотного зв'язку при написанні текстів англійською мовою, оскільки у студентів є можливість негайно бачити помилки та самостійно їх виправляти. І все це можна обговорювати англійською мовою, що сприяє розвитку говоріння. Комплексне застосування всіх трьох платформ створює сприятливе освітнє середовище, де студенти мають можливість відчувати більшу впевненість, отримати конкретні результати та підвишити їхню мотивацію до подальшого розвитку англійської мови як інструменту професійного спілкування.

### **Висновки**

Результати роботи демонструють, що інтеграція сучасних освітніх платформ (ChatGPT, YouTube, Grammarly) у процес розвитку професійної англійської мови студентів технічних спеціальностей суттєво допомагає подолати типові труднощі: комунікативну тривожність, низьку мотивацію та дефіцит професійної лексики. Запропонована методика є практичною, доступною та може бути рекомендована для впровадження в закладах професійної освіти при підготовці ІТ-спеціалістів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на детальний аналіз

довгострокового впливу цих методик на професійний розвиток випускників та їхню адаптацію на ринку праці.

## Література

1. Гальскова Н.Д., Гез Н.И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика: учебное пособие для студентов лингвистических университетов и факультетов иностранных языков высших педагогических учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 336 с.
2. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Punie, Y. (ed.), EUR 28775 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. 89 p.
3. Kohnke L., Moorhouse N., Zou D. Exploring Applications of ChatGPT to English Language Teaching: Opportunities, Challenges, and Recommendations. TESL-EJ, vol. 27, no. 1, 2023. P. 1-20.
4. Huang W., Mizumoto Y. Practical Insights: Incorporating ChatGPT in Language Education and Beyond. EDUCAUSE Review, vol. 59, no. 2, 2024. P. 34-45.
5. Wang Y., et al. A Study on the Efficacy of ChatGPT-4 in Enhancing Students' English Communication Skills. SAGE Open, vol. 15, no. 1, 2025. DOI: 10.1177/21582440241310644

## **ІНТЕГРАЦІЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ТА ЕМУЛЯТОРІВ У ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ПІДГОТОВКИ ІТ-СПЕЦІАЛІСТІВ**

**Дериш Б.Б.**

*ВСП "Фаховий коледж економіки, права та інформаційних технологій  
ЗУНУ"*

*E-mail: alendwalker@gmail.com*

### **INTEGRATION OF VIRTUAL LABORATORIES AND EMULATORS INTO THE EDUCATIONAL PROCESS OF IT SPECIALISTS TRAINING**

**Abstract.** The paper investigates the integration of virtual laboratories and emulators into IT education. The effectiveness of digital learning environments is evaluated, and a comparative analysis of commonly used tools is provided. The results confirm improved practical training outcomes and accessibility.

**Вступ.** Інтеграція віртуальних лабораторій та емуляторів є ключовим напрямом цифровізації освіти, що забезпечує практичну підготовку ІТ-фахівців у умовах обмеженого доступу до фізичного обладнання. Сучасні дослідження підтверджують, що використання таких середовищ сприяє підвищенню рівня засвоєння матеріалу та формуванню професійних компетентностей [1; 2].

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі сучасних платформ віртуалізації навчання, зокрема віртуальних лабораторій і емуляторів, що застосовуються у підготовці фахових молодших бакалаврів спеціальності «Комп'ютерна інженерія». Оцінювання проводилося за критеріями функціональності, доступності, рівня наближеності до реальних умов та ефективності формування практичних навичок [3; 4].

**Результати та обговорення.** Встановлено, що інтеграція віртуальних лабораторій забезпечує безперервний доступ до навчального середовища та дозволяє відтворювати складні інженерні сценарії без ризику пошкодження обладнання [5]. Емулятори, у свою чергу, забезпечують точне моделювання апаратного рівня, що є критично важливим для дисциплін, пов'язаних із мікроконтролерами, операційними системами та комп'ютерними мережами [7; 8]. Практичні результати показують, що комбіноване використання цих технологій дозволяє підвищити рівень сформованості професійних компетентностей на 20–30% та скоротити витрати на матеріально-технічне забезпечення навчання до 35–40% [6; 10].

Для обґрунтування доцільності використання різних інструментів проведено їх порівняльний аналіз.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика емуляторів та віртуальних лабораторій

Інструмент	Тип	Основне призначення	Переваги	Обмеження
Cisco Packet Tracer	Емулятор	Моделювання комп'ютерних мереж	Простота використання, підтримка навчальних сценаріїв	Обмежена реалістичність
GNS3	Емулятор	Поглиблене мережеве моделювання	Висока точність, підтримка реальних образів ОС	Високі вимоги до ресурсів
Proteus	Емулятор	Моделювання мікроконтролерів	Інтеграція з Arduino, візуалізація схем	Комерційна ліцензія
VMware Workstation	Віртуальна лабораторія	Віртуалізація ОС	Висока гнучкість, підтримка різних систем	Потребує значних ресурсів
VirtualBox	Віртуальна лабораторія	Створення віртуальних середовищ	Безкоштовність, доступність	Нижча продуктивність
AWS Academy Labs	Віртуальна лабораторія	Хмарні лабораторії	Масштабованість, доступність онлайн	Залежність від інтернету

Отримані результати свідчать, що для підготовки фахових молодших спеціалістів доцільно комбінувати інструменти різних типів залежно від навчальної дисципліни. Емулятори ефективні для глибокого технічного моделювання, тоді як віртуальні лабораторії забезпечують універсальність і доступність освітнього процесу.

Висновки. Інтеграція віртуальних лабораторій та емуляторів у освітній процес є ефективним підходом до підготовки ІТ-фахівців, що забезпечує підвищення якості освіти, гнучкість навчання та формування практичних компетентностей. Результати дослідження підтверджують доцільність комбінованого використання зазначених технологій у навчальних програмах [1; 3; 5].

### Література

1. Huang T.-C., Limniou M., Wu W.-C.V. Virtual learning environments in educational institutions // *Frontiers in Virtual Reality*. 2023. DOI: 10.3389/frvir.2023.1138660.
2. Hussain S. Metaverse for education – Virtual or real? // *Frontiers in Education*. 2023. DOI: 10.3389/educ.2023.1177429.
3. Zhang N., Liu Y. Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability // *Frontiers in Education*. 2024. DOI: 10.3389/educ.2023.1322263.
4. Deriba F.G., Saqr M.S., Tukiainen M. Assessment of accessibility in virtual laboratories: a systematic review // *Frontiers in Education*. 2024. DOI: 10.3389/educ.2024.1351711.
5. Tsurulnikov D. et al. Immersive virtual laboratory simulation improves student learning outcomes and motivation // *FEBS Open Bio*. 2023. DOI: 10.1002/2211-5463.13567.

6. Almeida T.O., Netto J.F. Virtual laboratory for game-based control systems education // IFAC-PapersOnLine. 2022. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.09.303.
7. Villa D. et al. Colosseum as a digital twin: bridging real-world experimentation and wireless network emulation // arXiv. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2303.17063.
8. Vykopal J. et al. Smart environment for adaptive learning of cybersecurity skills // arXiv. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2307.05281.
9. Lyapunov V.E. et al. The use of virtual reality technologies in education // Transportation and Information Technologies. 2023. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-252-266.
10. Yaipén-Gonzales H.F. et al. Virtual simulators in teaching-learning of physics and chemistry: a systematic review // International Journal of Membrane Science and Technology. 2023. DOI: 10.15379/ijmst.v10i4.2109.
11. Synthetic review of learning theories and virtual simulation environments in higher education // Thinking Skills and Creativity. 2025. DOI: 10.1016/j.tsc.2024.101732.

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА ТА ТЕХНІЧНА ТВОРЧІСТЬ СТУДЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ КОЛЕДЖУ. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ

Михайлик В.М., Петров С.А. викладачі фахових дисциплін

*Відокремлений структурний підрозділ Національного університету харчових технологій*

У сучасних умовах розвитку техніки та технологій особливого значення набуває якісна підготовка фахівців електромеханічного профілю. Важливою складовою цього процесу є науково-дослідна робота студентів та їх технічна творчість, які сприяють формуванню професійних компетентностей, розвитку аналітичного мислення та здатності до самостійного вирішення інженерних завдань.

Науково-дослідна діяльність студентів закладів фахової передвищої освіти є одним із ключових чинників підготовки конкурентоспроможних фахівців. Вона включає два взаємопов'язані компоненти: навчання студентів основам наукової діяльності, методології та організації досліджень, а також безпосередню участь у виконанні наукових робіт під керівництвом викладачів. Такий підхід забезпечує формування наукового світогляду, оволодіння сучасними методами дослідження, розвиток творчих здібностей і підвищення рівня професійної підготовки.

Основними завданнями науково-дослідної роботи студентів є формування здатності до самостійного мислення, розвиток ініціативності, вміння застосовувати теоретичні знання на практиці та залучення студентів до вирішення актуальних науково-технічних і виробничих проблем. Важливим результатом такої діяльності є також формування потреби у постійному професійному самовдосконаленні.

Не менш важливою складовою підготовки майбутніх фахівців є технічна творчість. У процесі навчання вона проявляється через виконання нестандартних завдань, розробку власних технічних рішень, удосконалення існуючих систем та пристроїв. Формування творчої особистості є одним із пріоритетних завдань сучасної освіти, оскільки саме творчий підхід дозволяє майбутньому спеціалісту ефективно діяти в умовах швидких змін технологій.

Ефективним засобом розвитку технічної творчості є залучення студентів до роботи в предметних гуртках, починаючи з другого курсу. Така діяльність сприяє розвитку пізнавальної самостійності, формуванню практичних навичок та поглибленню знань із фахових дисциплін. Значну роль відіграє також організація лабораторних і практичних занять із елементами пошукової та дослідницької роботи, а також виконання курсових і дипломних проєктів на реальній виробничій основі.

Сучасні підходи до організації практичної підготовки студентів передбачають широке використання інформаційних технологій і спеціалізованого програмного забезпечення. Зокрема, застосування табличних процесорів для розрахунків, систем автоматизованого проєктування для розробки креслень, а

також програм для моделювання електронних схем дозволяє студентам набути практичних навичок роботи з сучасними інструментами інженера.

Особливе значення має використання середовищ моделювання та аналізу систем автоматичного керування, що дає можливість досліджувати характеристики об'єктів і систем безпосередньо в навчальному процесі. Це сприяє глибшому розумінню теоретичного матеріалу та формуванню професійних компетентностей.

Важливим елементом практичної підготовки є створення та налагодження навчальних стендів на базі сучасних мікропроцесорних засобів і контролерів. Використання обладнання провідних виробників дозволяє студентам ознайомитися з реальними умовами функціонування автоматизованих систем та отримати практичний досвід роботи з сучасною технікою.

Таким чином, поєднання науково-дослідної діяльності, технічної творчості та сучасних підходів до організації практичної підготовки студентів забезпечує формування висококваліфікованих фахівців електромеханічного профілю. Важливим завданням викладачів є створення сприятливого освітнього середовища, яке стимулює пізнавальну активність студентів, їх зацікавленість у результатах власної діяльності та прагнення до професійного зростання.

### **Література**

- 1 Закон України «Про фахову передвищу освіту».
- 2 Биков В. Ю. Інформаційні технології в освіті. — Київ: Академперіодика, 2006.
- 3 Dorf R. C., Bishop R. H. Modern Control Systems. — Pearson Education, 2017.
- 4 Ogata K. Modern Control Engineering. — Prentice Hall, 2010.
- 5 The MathWorks, Inc. MATLAB Documentation. — Режим доступу: <https://www.mathworks.com>
- 6 Boyer S. A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. — ISA, 2009.
- 7 Bailey D., Wright E. Practical SCADA for Industry. — Elsevier, 2003.

**ПРОФЕСІОНАЛІЗМИ ТА ЖАРГОНІЗМИ В УСНОМУ МОВЛЕННІ  
ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «КОМП'ЮТЕРНА  
ІНЖЕНЕРІЯ»: ЛІНГВОДИДАКТИЧНИЙ АСПЕКТ**

**Ісакова В. С.,**

к.пед.н., викладач вищої категорії, викладач-методист

ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ»

*valentinaisakovaa@gmail.com*

***PROFESSIONALISMS AND JARGON IN THE ORAL SPEECH OF  
COMPUTER ENGINEERING STUDENTS: A LINGUODIDACTIC ASPECT***

**Abstract.** The paper analyses the use of professionalisms and jargon in the oral speech of Computer Engineering students at Poltava Professional College of NUFT. Over 60 non-standard lexical units collected during 2023–2025 were classified into thematic groups: hardware naming, software actions, evaluative nominations, and person-role designations. The study reveals that English-origin jargon is adapted through morphological assimilation, language economy, and identity marking. A set of linguodidactic techniques – stylistic differentiation exercises, normative «translation» of jargon utterances, and comparative glossary compilation – is proposed and tested within the «Ukrainian for Professional Purposes» course, demonstrating positive dynamics in students' stylistic competence.

Сучасне професійне середовище ІТ-галузі характеризується інтенсивним функціонуванням ненормативної фахової лексики – професіоналізмів та жаргонізмів, які в усному мовленні фахівців активно конкурують із кодифікованими термінами [3, с. 147]. Ця тенденція проникає у спілкування студентів технічних спеціальностей, формуючи стійкі некодифіковані мовленнєві моделі ще до початку професійної діяльності. Саме на етапі фахової передвищої освіти закладаються мовленнєві звички, що визначатимуть комунікативну поведінку майбутнього спеціаліста впродовж кар'єри, тому своєчасне формування стилістичної компетентності здобувачів освіти є особливо актуальним. Спостереження за мовленнєвою поведінкою здобувачів освіти Відокремленого структурного підрозділу «Полтавський фаховий коледж НУХТ» засвідчує, що понад 70 % усних висловлювань під час практичних занять містять щонайменше одну ненормативну лексему англійського походження.

Мета дослідження – проаналізувати особливості вживання професіоналізмів та жаргонізмів в усному мовленні здобувачів освіти спеціальності «Комп'ютерна інженерія» та окреслити лінгводидактичні стратегії корекції ненормативного слововживання на заняттях з дисципліни «Українська мова за професійним спрямуванням».

Дослідження проведено на базі ВСП «Полтавський фаховий коледж НУХТ» протягом 2023–2025 рр. Матеріалом слугувало усне мовлення 50 здобувачів освіти II курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія» під час практичних занять та консультацій щодо підготовки мовленнєвих проєктів. Використано методи спостереження, фіксації мовленнєвого матеріалу, лексико-семантичного аналізу та

класифікації. Теоретичним опертям є праці Т. І. Панько, І. М. Кочан та Г. П. Мацюк [2], Л. О. Ставицької [3], К. Г. Городенської [4].

У сучасному термінознавстві розмежовують три шари фахової лексики: терміни – кодифіковані найменування понять певної галузі [1, с. 513]; професіоналізми – напівофіційні найменування, поширені серед фахівців, але не закріплені стандартами; жаргонізми – стилістично знижені експресивні утворення неформального характеру [3; 4].

Зафіксовано понад 60 лексичних одиниць ненормативного характеру, класифікованих за тематичними групами: 1) найменування апаратного забезпечення: «проц» – процесор, «вінт» – жорсткий диск, «оперативка» – оперативна пам'ять, «мамка» – материнська плата; 2) позначення програмних дій та процесів: «закомітити» – зафіксувати зміни у системі контролю версій, «запустити» – відправити код до віддаленого сховища, «задеплоїти» – розгорнути програмне забезпечення, «кодити» – програмувати, «дебажити» – здійснювати налагодження; 3) оцінні номінації: «баг» – помилка, «фіча» – функціональна можливість, «костиль» – тимчасове непродумане рішення, «лагати» – працювати із затримками; 4) найменування осіб за родом діяльності у сфері комп'ютерних технологій: «юзер» – користувач, «геймер» – гравець, «ламер» – недосвідчений користувач, «хакер» – фахівець із комп'ютерної безпеки (або зловмисник, який несанкціоновано проникає в комп'ютерні системи), «спамер» – особа або програма, що здійснює масове розсилання небажаних повідомлень. Найчисленнішою виявилася друга група (позначення програмних дій та процесів) – 28 одиниць, що становить майже половину зафіксованого корпусу, тоді як найменш представленою є четверта група (найменування осіб) – 8 одиниць. Аналіз засвідчує, що англійські лексеми адаптуються шляхом морфологічного освоєння (суфіксація: «кодити», «фіксити»; префіксація: «задеплоїти», «перелогінітися»), мовної економії та ідентифікаційної функції жаргону як маркера належності до професійної спільноти [3, с. 124].

На практичних заняттях з дисципліни «Українська мова за професійним спрямуванням», вивчаючи теми «Терміни і термінологія», «Спеціальна термінологія і професіоналізми», «Точність і доречність мовлення», апробовано комплекс лінгводидактичних прийомів: 1) вправи на стилістичну диференціацію – класифікація лексем за ступенем нормативності; 2) «переклад» жаргонних висловлювань нормативною мовою (наприклад, «Треба пофіксити баг, бо прога лагає після деплою» – «Необхідно виправити помилку, оскільки програма працює із затримками після розгортання»); 3) укладання порівняльних таблиць-глосаріїв «Жаргонізм – професіоналізм – нормативний термін»; 4) підготовка до участі в групових дискусіях з тем «Чи можливе повноцінне фахове спілкування в ІТ-галузі без жаргону?» та «Жаргон в ІТ: комунікативна зручність чи загроза мовній культурі?». Результати засвідчують позитивну динаміку: здобувачі освіти починають свідомо контролювати стилістичну відповідність фахового мовлення. Під час підсумкового контрольного завдання кількість невмотивованих жаргонізмів у підготовлених усних відповідях зменшилася приблизно на третину порівняно з початком курсу. Окрім того, систематичне виконання таких завдань формує у студентів стійку навичку критичного аналізу мовних одиниць, що сприяє

підвищенню загальної культури професійної комунікації. Перспективним напрямом подальшої роботи вбачається розширення цього досвіду на інші фахові дисципліни з метою забезпечення міждисциплінарного підходу до мовної підготовки майбутніх спеціалістів.

Професіоналізми та жаргонізми є невід'ємним елементом мовленнєвої практики студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія». Запропоновані лінгводидактичні прийоми сприяють формуванню стилістичної компетентності – уміння обирати мовні засоби відповідно до комунікативної ситуації. Системне впровадження таких прийомів у навчальний процес дасть змогу майбутнім фахівцям з комп'ютерної інженерії вільно послуговуватися нормативною термінологією в офіційній комунікації, зберігаючи при цьому природність неформального професійного спілкування. Важливим практичним результатом є також підвищення мотивації здобувачів освіти до свідомого вибору мовних засобів у ситуаціях офіційного фахового спілкування. Перспективи досліджень пов'язані зі створенням навчального словника-довідника «ІТ-жаргон – нормативний термін» для студентів фахових коледжів.

### Література

1. Шевчук С. В., Клименко І. В. Українська мова за професійним спрямуванням: підручник. 5-те вид., виправ. і доповн. Київ: Алерта, 2023. 640 с.
2. Панько Т. І., Кочан І. М., Мацюк Г. П. Українське термінознавство: підручник. Львів: Світ, 1994. 216 с.
3. Ставицька Л. О. Арго, жаргон, сленг: соціальна диференціація української мови. Київ: Критика, 2005. 464 с.
4. Городенська К. Г. Нові явища та процеси в українському термінотворенні. *Українська термінологія і сучасність*: зб. наук. пр. Київ: КНЕУ, 2009. Вип. VIII. С. 28–33.

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ФАХОВИХ КОЛЕДЖІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ІТ-ФАХІВЦІВ

*Шабрат О.П.*

*Дніпровський транспортно-економічний фаховий коледж (ДТЕФК), м. Дніпро,  
Україна*

*E-mail: shabrat2015@gmail.com*

### APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF PROFESSIONAL COLLEGES FOR IT SPECIALIST TRAINING

***Abstract.** Generative artificial intelligence (GenAI) is rapidly becoming a mainstream tool for educators and students, creating both opportunities and risks for professional colleges. This paper examines pedagogically sound scenarios for applying GenAI in IT specialist training and proposes a four-layer implementation model encompassing institutional policies, teacher AI competence development, learning design reform, and piloting with measurable outcomes. Drawing on meta-analyses of 2025–2026, international recommendations on AI ethics, and Ukrainian regulatory guidelines, the study substantiates that effective GenAI integration requires structured instructional design preserving students' cognitive engagement.*

**Вступ.** Генеративний штучний інтелект (GenAI) на основі великих мовних моделей стрімко поширюється в освітньому середовищі поза інституційним контролем. Доступність і простота використання призводять до того, що студенти й викладачі застосовують GenAI незалежно від наявності відповідних політик та методик у закладі. За даними TALIS 2024, наведеними у звіті OECD, 37 % вчителів нижньої ступені середньої школи вже використовували ІІ в роботі у 2024 р., 57 % вважають, що ІІ допомагає покращити плани уроків, а 72 % висловлюють занепокоєння щодо академічної доброчесності через можливість видавати AI-роботу за власну [1]. Для коледжів прикладного ІТ-профілю ці показники є нижньою межею, оскільки інструменти ІІ з'являються в ІТ-середовищі швидше, а «тіньове використання» стає практично неминучим за відсутності чітких правил та навчання персоналу [2]. Метою дослідження є обґрунтування педагогічно коректних сценаріїв застосування GenAI при підготовці ІТ-фахівців прикладного рівня та опис керованої моделі впровадження у фаховому коледжі.

**Матеріали та методи.** Дослідження базується на аналізі мета-аналітичних робіт 2025–2026 рр. щодо впливу GenAI на навчальні результати: мета-аналіз 35 досліджень ( $n = 4193$ ) виявив помірно позитивний ефект  $g = 0,670$  [3], а мета-аналіз 22 публікацій —  $g = 0,573$  з акцентом на залежності ефектів від дидактичного дизайну [4]. Додатково опрацьовано систематичний огляд застосування GenAI у навчанні програмуванню [5], міжнародні рекомендації OECD [1], рамку AI-компетентностей UNESCO [6], оновлені етичні рекомендації Європейської комісії

[7] та українські інструктивно-методичні рекомендації щодо відповідального використання ІІ в закладах освіти [8]. Застосовано метод теоретичного узагальнення та порівняльного аналізу нормативних і емпіричних джерел.

**Результати та обговорення.** Аналіз доказової бази дозволяє виокремити ключовий принцип: ефект GenAI залежить від педагогічного дизайну та контролю когнітивного навантаження студента. Мета-аналізи підтверджують помірно позитивний вплив на навчальні досягнення, причому серед модераторів значущими є предметна область, тривалість експерименту та режим навчання. Водночас ОЕСД наголошує: покращення виконання завдання з GenAI не тотожне навчанню — якщо студент «виносить» когнітивну роботу в чат-бот без педагогічного сценарію, це може підвищувати якість продукту «тут і зараз», але переваги зникають на іспиті без доступу до інструменту [1]. Для ІТ-напрямів систематичний огляд виокремлює як стійкі позитивні ефекти (підтримка розв'язання задач, якість коду, самоефективність), так і ризики (поверхневе навчання, залежність від інструменту, зміщення уваги з розуміння на «отримання відповіді») [5].

На підставі аналізу визначено чотири прикладні сценарії застосування GenAI у фаховому ІТ-коледжі. *Перший* — GenAI як інструмент підтримки викладача: генерація заготовок навчальних матеріалів, варіантів завдань, критеріїв оцінювання, кейсів та адаптація матеріалів під різні рівні підготовки групи. Планування й створення матеріалів визначається як один із перших масових сценаріїв використання GenAI педагогами [2; 8]. *Другий* — GenAI як «тренажер» для студента в задачах прикладного рівня: пояснення коду, пошук помилок, генерація альтернативних рішень, формування тест-кейсів та документації. Акцент переноситься з «отримати код» на «перевірити, обґрунтувати й покращити»; GenAI стає джерелом варіантів, а навчання відбувається через відбір, тестування, порівняння та пояснення — саме ці дії забезпечують когнітивний внесок студента [5; 8]. *Третій* — GenAI як інструмент проєктного навчання: формування вимог і користувацьких історій, швидке прототипування специфікацій (README, плани тестування), комунікаційні симуляції (інтерв'ю з «замовником», захист рішення). Цей формат підтримується мета-аналітичними даними, де самоорганізоване та кейс-навчання демонструють найбільший ефект [4]. *Четвертий* — інституційні застосування: кар'єрна навігація, консультації 24/7 та підтримка навчального процесу засобами GenAI-асистентів в LMS, що може знижувати навантаження на кураторів і прискорювати зворотний зв'язок [1].

Для системного впровадження запропоновано чотиришарову модель. *Перший шар* — управління та правила: коледж формує «рамку використання» із переліком дозволених інструментів, порядком фіксації AI-внеску та дотриманням вимог конфіденційності. Українські рекомендації підкреслюють необхідність опори на затверджений закладом перелік інструментів, оскільки несанкціоновані рішення можуть не відповідати стандартам приватності [8], а європейські правила категорично забороняють введення персональних даних у публічні GenAI-системи [9]. *Другий шар* — компетенції викладача: UNESCO пропонує рамку з 15 компетентностей у п'яти вимірах (людиноцентричне мислення, етика ІІ, основи та застосування, AI-педагогіка, професійний розвиток) і трьох рівнях прогресії [6].

Впровадження GenAI у коледжі потребує не лише цифрової грамотності, а й AI-педагогіки та навичок оцінки ризиків і обмежень. *Третій шар* — дизайн навчання й оцінювання: переробка завдань так, щоб ІІ не замінював мислення, а ставав інструментом перевірки гіпотез, порівняння рішень і аргументації; практика TVET підтверджує, що традиційні домашні письмові роботи стають вразливими, тому оцінювання потребує проєктних і практикоорієнтованих форм із обов'язковою демонстрацією процесу роботи [10]. Навіть короткі, але добре спроектовані програми підготовки викладачів (з бібліотекою промптів і практикою) дають помітний приріст впевненості та критичної оцінки можливостей ІІ [11]. *Четвертий шар* — пілотування та оцінка ефекту на 1–2 дисциплінах (наприклад, «Основи програмування» та «Мережеві технології») із порівнянням показників успішності, якості проєктів, часу зворотного зв'язку та рівня академічних порушень [3].

Окремий блок аналізу присвячено ризикам впровадження. Щодо конфіденційності, в українських рекомендаціях зафіксовано заборону введення персональних даних у AI-системи без дозволу та навчання учасників процесу питанням приватності [8]. Щодо надійності виводу, «галюцинації» визначаються як генерація неправильних або оманливих результатів, що вимагає обов'язкової людської перевірки [8; 9]. Щодо детекторів AI-тексту, дослідження 2026 р. порівнює Turnitin та Originality на збалансованому датасеті (192 тексти) і демонструє помірні показники точності й особливо слабкі результати на «гібридних» текстах; крім того, зафіксовано упередженість проти неносіїв англійської мови та легкість обходу через промпт-інженерію, що унеможлиблює використання детекторів як єдиної підстави для дисциплінарних рішень [12]. Основою академічної доброчесності мають бути дизайн завдань, усні компоненти та демонстрація ходу роботи.

У контексті регулювання AI Act ЄС набув повної чинності з 2 серпня 2026 р., а зобов'язання щодо AI-грамотності персоналу діють з 2 лютого 2025 р. [13]. Європейська комісія оновлює етичні рекомендації для педагогів, наголошуючи на необхідності етичної та критичної AI-грамотності [7]. Навіть для закладів поза ЄС ці принципи функціонують як де-факто стандарт для співпраці з європейськими платформами та ринком праці [9].

**Висновки.** GenAI доцільно розглядати у фаховому IT-коледжі не як «інструмент списування», а як новий елемент освітнього середовища, що потребує: (а) інституційної політики та систематичного навчання персоналу; (б) дидактичних сценаріїв, які зберігають когнітивну активність студента через механізми відбору, верифікації та аргументації; (с) оновлення системи оцінювання з акцентом на практикоорієнтовані та проєктні форми контролю з обов'язковою демонстрацією процесу. Сам по собі доступ до GenAI не покращує підготовку IT-фахівця; покращує — методично оформлене використання разом із розвитком компетенцій викладача та політикою коледжу. За дотримання цих умов GenAI здатен посилювати навчання і водночас мінімізувати ризики академічної та цифрової безпеки.

## Література

1. OECD Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education. Paris : OECD Publishing, 2026. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-education-outlook-2026\\_062a7394-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-education-outlook-2026_062a7394-en.html) (дата звернення: 10.04.2026).
2. AI adoption in the education system / OECD. Paris : OECD Publishing, 2025. URL: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/12/ai-adoption-in-the-education-system\\_43251cf0/69bd0a4a-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/12/ai-adoption-in-the-education-system_43251cf0/69bd0a4a-en.pdf) (дата звернення: 10.04.2026).
3. Wu X. et al. ChatGPT's impact on student learning outcomes: a meta-analysis of 35 experimental studies. Humanities and Social Sciences Communications. 2026. URL: <https://www.nature.com/articles/s41599-026-07019-z> (дата звернення: 10.04.2026).
4. Doo M. Y., Park Y. A Meta-Analysis of ChatGPT's Influence on Learning Achievement. The International Review of Research in Open and Distributed Learning. 2026. URL: <https://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/8775> (дата звернення: 10.04.2026).
5. A Systematic Review of Generative AI Use in Programming Education. International Journal of Information and Education Technology. 2026. Vol. 16, No. 1. URL: <https://www.ijiet.org/vol16/IJiet-V16N1-2487.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
6. UNESCO. AI competency framework for teachers. 2024. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-for-teachers> (дата звернення: 10.04.2026).
7. Guidelines on the ethical use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators. European Commission, 2022 (updated 2026). URL: <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/actions/plan/ethical-guidelines-for-educators-on-using-artificial-intelligence> (дата звернення: 10.04.2026).
8. Інструктивно-методичні рекомендації щодо відповідального використання ІІ в закладах освіти : проєкт / Мінцифри України. 2024. URL: <https://storage.thedigital.gov.ua/files/f/9f/960585ee1e964dc6f50ed3492f66a9fb.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
9. Legal and pedagogical guidance for the educational use of generative AI in the European Schools. 2025. URL: <https://www.eursec.eu/BasicTexts/2025-01-D-66-en-2.pdf> (дата звернення: 10.04.2026).
10. Generative AI in VET: Temasek Polytechnic experience / UNESCO-UNEVOC. 2024. URL: [https://unevoc.unesco.org/pub/unevoc-pp-singapore\\_temasek\\_gen-ai.pdf](https://unevoc.unesco.org/pub/unevoc-pp-singapore_temasek_gen-ai.pdf) (дата звернення: 10.04.2026).
11. Schmitt C., Brutzer A. Generative AI in vocational education and training: a framework for sustainable teacher competence development. Vocation, Technology & Education. 2025. URL: <https://www.hksmp.com/journals/vte/article/view/940> (дата звернення: 10.04.2026).
12. Hadra M., Cambridge K., Mesbah M. Evaluating the accuracy and reliability of AI content detectors in academic contexts. International Journal for Educational Integrity. 2026. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40979-026-00213-1> (дата звернення: 10.04.2026).
13. Regulatory framework on AI / European Commission. 2024. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai> (дата звернення: 10.04.2026).

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДХОДІВ ДО РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ В СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ: ВИМОГИ ДО ФАХІВЦЯ

**Бідний В.С.**

ФОП, сервісний центр «SVmobi»

### **Вступ**

Сучасна галузь сервісного обслуговування електронної техніки перебуває на етапі суттєвих трансформацій, що зумовлені стрімким технологічним розвитком, глобалізаційними процесами на ринку електроніки та змінами економічної ситуації в Україні. Особливо помітними є зміни у структурі ремонтних робіт, підходах до технічного обслуговування пристроїв та вимогах до професійної підготовки фахівців.

Актуальність дослідження полягає у необхідності адаптації змісту освітніх програм підготовки здобувачів спеціальності комп'ютерної інженерії до реальних потреб сучасних сервісних центрів, що функціонують в умовах швидкого оновлення технічних засобів та зміни економічної доцільності різних видів ремонту.

### **Матеріали та методи**

У роботі проаналізовано практичний досвід функціонування сервісного центру «SVmobi», який здійснює ремонт широкого спектра електронної техніки: мобільних телефонів, ноутбуків, периферійного обладнання та оргтехніки. Досліджено структуру звернень клієнтів, частотність виконання різних видів ремонтних робіт та економічну ефективність застосування компонентного і модульного підходів до відновлення працездатності пристроїв.

Також проведено узагальнення практичного досвіду взаємодії сервісного центру зі здобувачами освіти та молодими спеціалістами, що дозволило визначити ключові компетентності, необхідні для успішної професійної діяльності у сфері ремонту електронної техніки.

### **Результати та обговорення**

Аналіз діяльності сучасного сервісного центру свідчить про суттєву зміну структури ремонтних робіт у напрямі переважання модульного ремонту. Найбільш затребуваними видами робіт є заміна дисплейних модулів, акумуляторних батарей, роз'ємів живлення, елементів систем охолодження та інших функціональних вузлів пристроїв.

Поступово зменшується частка складного компонентного ремонту, особливо у сегменті бюджетної електронної техніки та офісного обладнання. Така тенденція зумовлена насамперед економічними чинниками, серед яких важливу роль відіграє зростання частки пристроїв низького цінового сегмента на ринку електроніки.

Крім того, значний вплив має фактор вартості часу роботи кваліфікованого спеціаліста. У багатьох випадках пошук несправності на рівні окремих електронних компонентів потребує значних часових витрат, що перевищують залишкову вартість пристрою. За таких умов виконання компонентного ремонту стає економічно недоцільним як для сервісного центру, так і для клієнта.

Разом із тим робота з електронною технікою, зокрема з ноутбуками, мобільними пристроями та друкувальною технікою, потребує від фахівця сформованого комплексу професійних компетентностей, які виходять за межі базових технічних навичок.

Сучасний спеціаліст повинен володіти розвиненим логічним мисленням, що дозволяє аналізувати функціональні алгоритми роботи електронних пристроїв, визначати послідовність технологічних процесів та локалізувати можливі причини несправностей. Важливого значення набуває здатність до системного аналізу технічної документації, сервісних інструкцій та електричних схем.

Особливо актуальними є навички швидкого пошуку, критичного аналізу та відбору професійної інформації в умовах інформаційного перевантаження. Фахівець повинен уміти ефективно працювати із сервісними мануалами, технічною документацією виробників, спеціалізованими базами знань та програмним забезпеченням для діагностики електронних пристроїв.

Важливою складовою професійної підготовки є формування практичного досвіду роботи з електронною технікою. Саме практична діяльність сприяє розвитку так званого «інженерного мислення» та формуванню інтуїтивного розуміння принципів функціонування апаратних систем.

У цьому контексті особливого значення набуває взаємодія закладів освіти із сервісними центрами як представниками реального сектору економіки. Така співпраця дозволяє адаптувати освітні програми до сучасних вимог ринку праці та забезпечити формування практико-орієнтованих компетентностей майбутніх фахівців.

### **Висновки**

Таким чином, сучасний ринок сервісного обслуговування електронної техніки характеризується переходом від компонентного до модульного ремонту, що зумовлено економічними та технологічними чинниками. Це визначає необхідність перегляду підходів до професійної підготовки здобувачів освіти за спеціальністю комп'ютерної інженерії.

Сучасний випускник повинен поєднувати практичні навички швидкого виконання типових ремонтних операцій із розвиненим аналітичним мисленням, здатністю до самостійного навчання та ефективного використання професійних інформаційних ресурсів.

Перспективним напрямом удосконалення освітнього процесу є розвиток партнерської взаємодії між закладами освіти та сервісними центрами як стейкхолдерами підготовки фахівців, що сприятиме підвищенню якості професійної підготовки майбутніх інженерів комп'ютерної техніки.

**Науково-практичне видання**

Перша всеукраїнська  
науково-практична конференція

***Комп'ютерна інженерія: сучасний стан  
та особливості підготовки фахівців***

**наукові праці**

15 – 16 квітня 2026 р.

**Відповідальний за випуск – П.В.Гак**

ВСП ПФК НУХТ 36039 Полтава, Матвійчука, 56