

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**

---

# **ІНФОРМАТИКА, УПРАВЛІННЯ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ**

**ТЕЗИ ТРИНАДЦЯТОЇ МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
(13 – 15 травня 2026 року)**

Харків – Краматорськ – Хуст  
2026

УДК 004.94; 004.8

Інформатика, управління та штучний інтелект.  
Тези тринадцятої міжнародної науково-технічної  
конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2026. – 148 с.,  
українською та англійською мовами.

### **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:**

- Голова д.т.н., проф. М.І. Гасанов,  
проректор з науково-педагогічної роботи  
НТУ "ХПІ" (м. Харків).
- Співголова д.т.н., проф. В.Д. Ковальов,  
проф. каф. КМСІТ ДДМА  
(м. Краматорськ).
- Заступники голови: д.т.н., проф. О.Ю. Заковоротний,  
завідуючий кафедрою КПІ НТУ "ХПІ"  
(м. Харків),  
д.т.н., проф. Я.В. Васильченко,  
завідуюча кафедрою КМСІТ ДДМА  
(м. Краматорськ).

### **ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

- Міністерство освіти і науки України;
- Національний технічний університет "ХПІ";
- Донбаська державна машинобудівна академія.

### **ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:**

д.т.н., проф.	С.Ю. Гавриленко;	к.т.н.	О.О. Анциферова;
д.т.н., проф.	Г.П. Клименко;	к.т.н., доц.	В.О. Бречко;
д.т.н., проф.	О.О. Клочко;	к.т.н., доц.	Г.В. Гейко;
д.т.н., проф.	А.А. Коваленко;	Ph.D.	Ю.М. Главчева;
д.т.н., проф.	О.В. Коломійцев;	к.т.н., доц.	Д.В. Гриньов;
д.т.н., проф.	Г.Ф. Кривуля;	к.т.н., проф.	М.Й. Заполовський;
д.т.н., проф.	О.Ю. Кропачек;	к.т.н.	К.В. Камчатна-Степанова;
д.т.н., проф.	Г.А. Кучук;	к.т.н., доц.	М.В. Ліпчанський;
д.т.н., проф.	С.Ю. Леонов;	к.т.н., доц.	О.В. Ліпчанська;
д.т.н., проф.	Р.П. Мигущенко;	к.т.н., доц.	М.В. Мезенцев;
д.т.н., доц.	В.І. Носков;	к.т.н., доц.	А.О. Подорожняк;
д.т.н., проф.	В.Д. Павленко;	к.т.н., проф.	О.М. Рисованій;
д.т.н., проф.	А.І. Поворознюк;	к.т.н., доц.	В.В. Хорошайло;
д.т.н., проф.	Г.Є. Філатова;	к.т.н., доц.	М.В. Шаповалов;
к.т.н., проф.	І.С. Зиков	к.ф.-м.н., проф.	О.П. Черних;
к.т.н., доц.	Я.С. Антоненко;		Т.О. Орлова.

## ZERO-KNOWLEDGE AND HOMOMORPHIC HYBRID CRYPTOGRAPHIC FRAMEWORK FOR ADAPTIVE BLOCKCHAIN THREAT DEFENCE

*PhD student Abdhuseyn Agayev, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

The rapid growth of decentralised applications on public blockchains has exposed a class of cyber-threats – distributed denial-of-service (DDoS), Sybil impersonation and replay attacks – that conventional on-chain defences cannot neutralise without disclosing user data. Zero-knowledge (ZK) verification proves transaction validity yet reveals nothing about behavioural patterns, while homomorphic encryption (HE) enables statistical inference over ciphertexts but offers no integrity guarantee. Existing solutions treat these primitives in isolation, leaving a structural gap between confidentiality and behavioural anomaly detection on permissionless ledgers.

This work introduces ZK-HHCF – a Zero-Knowledge and Homomorphic Hybrid Cryptographic Framework – that unifies both primitives inside a single on-chain threat-detection pipeline. The framework couples a Groth16 ZK-SNARK circuit, compiled in Circom and verified on-chain through a Solidity verifier, with a CKKS homomorphic engine built on TenSEAL (polynomial modulus degree 8192, 128-bit security). Each client request is transformed into an encrypted feature vector and a succinct proof of knowledge of a valid nullifier; the smart contract rejects duplicates via a mapping (bytes32 => bool) lookup, guaranteeing replay-freeness without exposing the underlying identifier. An adaptive off-chain monitor correlates the encrypted telemetry with three cumulative threat scores – DDoS (+35), Sybil (+30) and Replay (+50) – bounded by saturating addition at 100 and escalated through two severity thresholds: ALERT (70) and CRITICAL (90).

Experimental evaluation on the Ethereum Sepolia testnet shows that ZK-HHCF sustains end-to-end verification in under 3.2 s per request, incurs an on-chain gas cost of approximately 245 k gas for proof verification and achieves 97.4 % detection accuracy across composite attack scenarios, outperforming ZK-only and HE-only baselines by 12.8 % and 18.6 % respectively. The framework is open-source and reproducible, providing a foundation for privacy-preserving adaptive security on permissionless blockchains.

**References:** 1. Groth J. On the Size of Pairing-Based Non-interactive Arguments // EUROCRYPT. – 2016. – P. 305–326. 2. Cheon J.H. et al. Homomorphic Encryption for Arithmetic of Approximate Numbers // ASIACRYPT. – 2017. – P. 409–437. 3. Ben-Sasson E. et al. Scalable Zero Knowledge via Cycles of Elliptic Curves // CRYPTO. – 2014. – P. 276–294.

## ПОБУДОВА МУЛЬТИРЕПОЗИТОРНОГО НАБОРУ ДАНИХ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕГЛЯДУ ПРОГРАМНОГО КОДУ

*асп. О.С. Аратовський, д-р техн. наук, проф. В.В. Любченко, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса*

Перегляд програмного коду (code review) є критичним етапом у розробці програмного забезпечення, що впливає на якість продукту та швидкість його поставки [1]. Задача прогнозування характеристик процесу перегляду коду – кількості раундів ревізії та часу до злиття – залишається недостатньо дослідженою [2]. Більшість наявних робіт обмежується одним-двома репозиторіями, що ставить під сумнів узагальнюваність моделей. Мета роботи – побудова та розвідувальний аналіз мультирепозиторного набору даних pull request (PR) із уніфікованою системою ознак для крос-проектного прогнозування.

Набір даних зібрано з 12 відкритих репозиторіїв GitHub (woocommmerce, react, vscode, next.js, grafana, discourse, angular, supabase, mattermost, strapi, node, django), що охоплюють 6 мов програмування. Для кожного PR за допомогою GitHub GraphQL API зібрано метадані, diff-метрики, події рецензування та історію комітів. Після фільтрації (виключення автозлиттів, PR без рецензій, PR із часом життя понад 365 днів) отримано 64 820 злитих PR та 7 156 відкритих PR.

Для кожного PR обчислено 48 ознак трьох груп: (1) рівня PR – розмір diff, кількість комітів, наявність тестів (18 ознак); (2) історія розробника – коефіцієнт злиття, час перегляду, стаж (6 ознак); (3) контекст проекту – кількість відкритих PR, швидкість злиття (3 ознаки).

Аналіз виявив суттєву варіативність: частка PR із 2+ раундами – від 16,2% (django) до 52,5% (woocommmerce); медіана часу до перегляду – від 0,1 год (vscode) до 10,2 год (woocommmerce); медіана часу до злиття – від 1,1 до 78,3 год.

Набір даних забезпечує достатній обсяг для крос-проектного прогнозування. В подальшому дані будуть застосовані для побудови моделей прогнозування раундів перегляду та часу злиття за допомогою CatBoost та LightGBM із крос-валідацією leave-one-repo-out.

**Список літератури:** 1. Badampudi D., Britto R., Unterkalmsteiner M. Modern Code Reviews – Survey of Literature and Practice // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. – 2023. – Vol. 32, No. 4. – P. 1–61. 2. Fan Y. et al. Early Prediction of Merged Code Changes to Prioritize Reviewing Tasks // Empirical Software Engineering. – 2024. – Vol. 29, No. 1. – P. 1–42.

## АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДИ КОМПРЕСІЇ ГРАФІЧНИХ ДАНИХ

*канд. техн. наук, доц. С.С. Бульба, магістр Є.І. Вдовьонков,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Зі стрімким зростанням роздільної здатності сенсорів та інтенсивності обміну мультимедійним контентом у локальних і глобальних мережах, гостро постає проблема ефективної компресії графічної інформації. Надлишковість необроблених даних створює критичне навантаження на пропускну здатність та пристрої довготривалого збереження. Отже, дослідження алгоритмів та методів компресії є пріоритетним завданням.

Існуючі методи поділяються на стиснення без втрат та стиснення з втратами. Алгоритми кодування без втрат базується на статистичних закономірностях. До таких відноситься алгоритм Хаффмана [1] який аналізує, які кольори чи блоки пікселів зустрічаються найчастіше, і замінюють їх короткими двійковими кодами. Це дозволяє відновити зображення у його первісному стані, біт у біт, що є обов'язковою вимогою для медичної діагностики, супутникових знімків або інженерних креслень. Такі методи рідко дозволяють зменшити обсяг даних більше ніж у 2 рази, оскільки фізично не видаляють інформацію, а лише компактніше її перепаковують.

Для менш вибагливих систем, використовуються методи стиснення з втратами як алгоритм JPEG [2], в основі якого лежить дискретне косинусне перетворення. Суть методу полягає у відкиданні тієї частини даних, до якої людське око найменш чутливе, як дрібних деталей кольору на дуже яскравих або темних ділянках. Такий підхід дозволяє зменшити розмір файлу в 10, 20 або навіть 50 разів без видимого погіршення картинки для звичайної людини.

У доповіді розглядаються класичні алгоритми та методи компресії графічних даних. Розглянуті методи демонструють, як класичне кодування допомагає уникнути надмірності в потоках даних.

**Список літератури:** 1. N. S. Chethana and N. D. Veena, "Image compression techniques: A comparative study," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 6, no. 3, pp. 323–333, 2020. 2. D. S. Taubman and M. W. Marcellin, *JPEG2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice*, 2nd ed. Springer Nature, 2024.

## WEB APPLICATION DEVELOPMENT FOR THE SALE OF TOURIST EQUIPMENT

*cand. of tech. sc., assoc. prof. S.S. Bulba, bachelor O.S. Zaporozhtsev,  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

With the growing demand for active recreation and automation of trade processes, the issue of creating e-commerce systems is becoming critical. The specifics of tourist equipment from tents to mountaineering equipment require processing a large number of attributes and ensuring high transaction speed. In addition, working with large product catalogs with limited computing resources of the server part leads to degradation of performance and errors in database integrity. All this necessitates the search for optimal architectural solutions and the use of effective classical data processing algorithms [1, 2].

However, since modern web resources are multi-component and distributed systems that operate in conditions of high competition of requests, designing such applications exclusively on the basis of ready-made CMS often does not provide the necessary flexibility. In this regard, the development of individual architectural solutions based on REST architecture is a relevant direction. The use of classical approaches to data indexing, such as B-tree or Hash indexes, allows achieving stable search time complexity of  $O(\log n)$ , which is unattainable with the chaotic structure of non-relational storages.

The paper considers methods for designing a database structure in third normal form, which minimizes information redundancy and prevents update anomalies. Deterministic string matching algorithms were selected to implement the search logic, which guarantee the accuracy of results without using probabilistic methods or neural networks.

The report presents the results of the analysis of system performance when simulating peak loads and justifies the choice of a technology stack from the standpoint of minimizing delays at the application interface level. Testing of the developed software confirmed the effectiveness of the selected methods for filtering products by technical characteristics in real time.

**References:** 1. R. Stephens, *Beginning Database Design Solutions: Understanding and Implementing Database Design Concepts*, 2nd ed. Indianapolis, IN, USA: Wrox, 2023. 2. J. Humble and D. Farley, *Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 2021.

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВЕБЗАСТОСУНКУ

*канд. техн. наук, доц. С.С. Бульба, магістр Д.В. Макаренко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Структура вебзастосунків, що використовує асинхронне завантаження компонентів та складну ієрархію елементів, потребує впровадження надійних інструментів автоматизації тестування. Традиційні підходи до перевірки функціональності часто виявляються неефективними через високу частоту оновлень програмного коду та складність підтримки ручних сценаріїв. Головною технічною проблемою є нестабільність скриптів при зміні структури сторінки, що змушує інженерів витратити значні ресурси на переписування ідентифікаторів. Для вирішення цих завдань необхідно розробити систему, яка забезпечить стійке виконання перевірок незалежно від незначних змін у верстці інтерфейсу [1].

Основою підходу що розглядається є використання методів відносного пошуку елементів у структурі сторінки. Замість прямих і жорстких шляхів до об'єктів застосовується логіка прив'язки до стабільних батьківських вузлів або сусідніх елементів за допомогою фреймворку XPath. Це дозволяє засобам автоматизації коректно працювати навіть після рефакторингу фронтенду. Важливим елементом системи є впровадження алгоритмів синхронізації, які аналізують стан готовності сторінки та завершення мережових запитів. Таке рішення дозволяє повністю відмовитися від фіксованих пауз у кодї, що суттєво прискорює роботу тестових пакетів та підвищує точність виявлення реальних дефектів.

Оптимізація процесу тестування також досягається шляхом комбінаторного аналізу вхідних даних. Застосування методів аналізу граничних значень та розділення на класи еквівалентності дозволяє створити компактний набір тестів, що забезпечує максимальне покриття функціонала. Весь програмний комплекс реалізується за архітектурним шаблоном Page Object, що дозволяє розділити опис елементів інтерфейсу та безпосередньо логіку перевірок. Практичне застосування розроблених засобів дозволило значно скоротити час на проведення повного циклу регресійного тестування.

**Список літератури:** 1. M. Moń and B. Pańczyk, "A comparative analysis of web application test automation tools," *Journal of Computer Sciences Institute (JCSI)*, vol. 35, pp. 159–165, 2025. doi: 10.35784/jcsi.6000/

## METHODS FOR DESIGNING LOW-POLYGONAL THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

*cand. of tech. sc., assoc. prof. Serhii Bulba, bachelor Vladlen Ostapishyn, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

With the intensive development of graphics subsystems and game engines, the issues of rational use of the computing power of graphics processors are becoming increasingly acute. Excessive polygonal density of three-dimensional models leads to overload of the geometric invariant, a decrease in frame rate and excessive consumption of video memory, which is especially critical for mobile platforms and virtual reality systems. In addition, unoptimized topology increases the frame rendering time, provokes errors in calculating dynamic lighting and complicates data transmission via the PCI Express bus. All this necessitates in-depth research into mesh decimation methods, the development of new approaches to retopology and the creation of algorithms for preserving visual detail with a minimum number of polygons.

However, since modern requirements for visual quality are extremely high, and the geometry of objects is becoming increasingly complex, a simple automatic reduction in the number of triangles often leads to silhouette degradation and the appearance of artifacts on UV-scanning. In this regard, in recent years, the emphasis has shifted to the use of classical geometric optimization algorithms integrated into professional modeling packages. It is the methods of intelligent reduction based on the squared error metric that allow for aggressive decimation without losing key morphological features of the object. The use of such tools in combination with normal map baking technologies allows for the simulation of complex terrain on a simplified topology, which was previously available only for static objects.

The report considers the main methods of designing low-poly objects in the Autodesk 3ds Max environment, analyzes the effectiveness of the ProOptimizer and MultiRes modifiers, and also presents the results of a comparative analysis of the performance of optimized models in graphics engines.

**References:** 1. E. Lengyel, Foundations of Game Engine Development, Volume 2: Rendering, Lincoln, NE, USA: Terathon Software LLC, 2019. 2. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ВАЖКИХ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ**

*д-р техн. наук, проф. Я.В. Васильченко, асп. С.О. Захаров, асп. Ю.М. Лобур, магістр М.І. Підгорний, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

Важкі металорізальні верстати працюють в умовах великих мас рухомих частин, високих сил різання, значних теплових навантажень і підвищених вимог до точності позиціонування. Тому вибір мехатронних модулів для таких систем не може ґрунтуватися лише на локальних характеристиках привода. Доцільно застосовувати взаємозв'язаний підхід, у якому мехатронний модуль розглядається як елемент цілісної системи верстата, що одночасно впливає на динаміку, продуктивність, енергоспоживання, точність і надійність.

Базою дослідження є теоретична методика, у якій кожна характеристика верстата або модуля задається функцією  $y_i = f_i(t)$ , де  $i=1, 2, \dots, n$ . На відміну від ізольованого аналізу окремих параметрів, методика враховує дві групи зв'язків: необхідні зв'язки всередині процесу зміни кожної характеристики та випадкові зв'язки між усіма процесами зміни характеристик. Такий підхід приводить до інваріантної структури  $y_i(t) = A(t) + B(t)C_i(t)$ , де  $A(t)$  описує загальну для системи тенденцію зміни властивостей,  $B(t)$  – масштаб розсіювання або чутливість системи, а  $C_i(t)$  – нормовану індивідуальну складову  $i$ -ї характеристики. У безрозмірній формі ця модель зручна для порівняння різних компонувань важких верстатів, оскільки зберігає метричну інваріантність і не залежить від вибору системи одиниць.

Для важких верстатів така модель є особливо корисною, бо дозволяє об'єднати в одному описі різномірні фізичні явища: інерційність масивних вузлів, пружні деформації, теплове розширення, нерівномірність навантаження приводів і вплив конструктивних параметрів напрямних та шпиндельних вузлів. Практично це означає, що оптимізація повинна виконуватися не за одним критерієм, а за сукупністю критеріїв  $K = \{K_1, \dots, K_m\}$ . Узагальнений показник ефективності доцільно подати як  $J = \sum w_j \Phi_j$ , де  $\Phi_j$  – нормовані критерії якості, а  $w_j$  – їх вагові коефіцієнти. На етапі вибору структури мехатронного модуля доцільно поєднувати наведений теоретичний опис з евристичною багатокритеріальною процедурою. Такий підхід дозволяє перейти від фрагментарного аналізу окремих вузлів до цілісної оптимізації мехатронної архітектури верстата, що є особливо актуальним для інтелектуалізованого виробництва та систем цифрового керування

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КОМПОНОВОК ТА У ВИКОРИСТАННІ МОБІЛЬНИХ ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТИВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА БАЗІ ПЕРИФЕРІЙНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

*асп. В.А. Вовк, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Працюючи з портативними верстатами в цехах або польових умовах, ми часто стикаємося з відсутністю стабільного інтернету. Через це традиційні хмарні технології тут не працюють. Якщо передавати дані на віддалений сервер, обов'язково виникає затримка. Для процесу різання металу це критично. Будь-яке запізнення з коригуванням швидко призводить до браку, адже важлива кожна мілісекунда. Найкраще рішення в такій ситуації - технологія периферійних обчислень. Вона перетворює звичайні мобільні верстати на розумні кіберфізичні системи [1].

Ідея цього методу дуже проста. Уся інформація обробляється прямо на місці. Для цього використовують локальні мікроконтролери, які фізично вбудовані в модулі верстата. Це повністю змінює правила конструювання: тепер звичайні механічні стики стають інтелектуальними вузлами [2]. Коли верстат монтується для роботи, ці блоки самі розпізнають один одного і створюють власну локальну мережу.

На практиці це дає величезну перевагу. Часто верстат доводиться кріпити до зношеної деталі, тому жорсткості не вистачає і виникають мікрозміщення. Крайові мікрокомп'ютери фіксують ці зміни миттєво. Оскільки вся обробка йде локально, системі потрібні лише доли мілісекунди, щоб відправити компенсаційні імпульси на приводи подачі. Завдяки цьому вібрації інструменту зменшуються ще до того, як вони встигнуть зіпсувати поверхню деталі.

**Список літератури:** 1. Бровченко, М. А., & Лисенко, О. В. (2023). Архітектура кіберфізичних системи у сучасному переносному верстатобудуванні: проблеми затримок та їх вирішення. Вісник мехатроніки та автоматизації, 12(3), 45-50. 2. Ткачук, В. І. (2024). Периферійні обчислення (Edge Computing) в задачах локального керування просторовою точністю мобільних технологічних комплексів. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (4), 112-118.

## **ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УСКЛАДНЕНЬ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТУВАННЯ ГАЗОСХОВИЩ**

*д-р філософії, ст. дослідник, В.Б. Воловецький, філія "Науково-дослідний інститут транспорту газу" Акціонерне товариство "Укртрансгаз", м. Харків*

Газосховища призначено для забезпечення безперебійного газопостачання споживачів, регулювання сезонної нерівномірності споживання та надійного транскордонного транспортування газу. Тому газосховища є важливою складовою критичної інфраструктури, оскільки вони забезпечують стабільність експортно-транзитних потоків газу, підвищують ефективність надійного експлуатування магістральних газопроводів і створюють стратегічні запаси енергоресурсів на випадок виникнення надзвичайних ситуацій. Вочевидь, газосховища мають важливе значення для забезпечення стабільного функціонування газотранспортної системи України.

У процесі експлуатування газосховищ можуть виникати ускладнення, зокрема гідратуутворення, солевідкладення на різних ділянках від вибою свердловин до газозбірного пункту, а також накопичення рідини в свердловинах та у їхніх шлейфах. Усе це негативно впливає на забезпечення стабільного відбирання газу та досягнення планових показників. Щоб забезпечити стабільне експлуатування газосховищ детально аналізують технологічні процеси, виявляють ускладнення, розробляють різні заходи та уживають їх.

Одним із сучасних підходів для розв'язання проблемних питань на газосховищах є використання технологій штучного інтелекту. Зокрема, розроблення штучних нейронних мереж для прогнозування ускладнень на газосховищах. Цей підхід дасть змогу своєчасно виявляти ускладнення та оперативно ухвалювати рішення для вживання відповідних заходів щодо їх запобігання.

## **ПРЕДИКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШЛІФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ**

*канд. техн. наук, доц. І.В. Волошкіна, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; студ. М.Д. Волошкін, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

Ефективність обробки полікристалічних надтвердих матеріалів (ПНТМ) потребує стабілізації самозагострювання алмазних зерен через предиктивне моделювання їх кількості в зоні контакту [1].

Умовою стабільності процесу є висота виступання зерен  $h_p$  має знаходитися в межах  $h_{зв} < h_p \leq 2a - h_{кр}$  (де  $a$  – мала вісь зерна,  $h_{кр}$  – критична заделка,  $h_{зв}$  – шорсткість зв'язки). Число зерен  $n$ , що контактують з ПНТМ:  $n=(a \cdot S \cdot K)/(\pi \cdot d_{ср}^2)$ , де  $a = h_p/l_3$ ;  $l_3$  – максимальний розмір зерна  $S$  – одинична площа;  $K$  – концентрація алмазів;  $d_{ср}$  – середній діаметр зерна.

Для виключення макророзтріскування ПНТМ граничне навантаження  $P_{гр} \sim$  обмежує допустиму кількість зерен у контакті:  $N \leq P_{гр}/P_{опт}$ , де  $P_{опт}$  – оптимальне навантаження на зерно.

Максимальна кількість зерен становить  $N_{max} = P_{СТМ}/P_{z1}$ , де  $P_{СТМ}$  – сумарна сила руйнування кристалітів,  $P_{z1}$  – статична міцність зерна. Оптимальна концентрація алмазів у крузі визначається як:  $K_1 = (N_{max} \cdot K)/(N_a \cdot K_y)$ , де  $N_a$  – кількість зерен на поверхні;  $K_y$  – коефіцієнт участі зерен у роботі.

Для автоматизації розрахункових процедур у середовищі обчислювальної платформи Python розроблено відповідний алгоритм та програмний модуль. Його архітектуру реалізовано у вигляді восьми послідовних логічних блоків: 1–5 – ввід геометрії та розрахунок площі; 6 – ініціалізація властивостей; 7 – розрахунок  $K_1$ ; 8 – вивід результатів для зернистостей 630/500–50/40. Впровадження запропонованої розрахункової моделі обґрунтовує доцільність зменшення концентрації алмазів до 15%, що знижує кількість зерен у контакті до 6 разів і мінімізує ймовірність утворення пари тертя "алмаз-алмаз". Алгоритмізація процесу є базовим етапом конструкторсько-технологічного забезпечення операцій абразивної обробки перед підведенням у зону різання додаткових видів енергії.

**Список літератури:** 1. Пижов І.М. Удосконалення процесу алмазного шліфування надтвердих матеріалів за рахунок управління контактними напруженнями: монографія / І.М. Пижов, В.О. Федорович, І.В. Волошкіна. – Харків: НТУ "ХПІ", 2022. – 149 с.

*Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи № 0126U000863  
"Конструкторсько-технологічне забезпечення процесів абразивної обробки важкообробних матеріалів підведенням у зону різання додаткових видів енергії"*

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ БІНАРНОЇ ТА МУЛЬТИКЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ

*д-р техн. наук, проф. С.Ю. Гавриленко, В.О. Григоренко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

З розвитком інтернету зростає і ризик різноманітних атак, які можуть завдати шкоди персональним даним або пошкодити обладнання. Тому проблема своєчасного виявлення таких загроз стає дедалі актуальнішою. Сьогодні існує багато методів аналізу мережевого трафіку, блокування небажаних пакетів і створення засобів захисту. Важливу роль у цьому відіграють нейронні мережі, оскільки їх застосування для аналізу трафіку вже стало одним із поширених і ефективних підходів.

У роботі досліджено моделі нейронних мереж: MLP, RNN, LSTM та виконано налаштування їх параметрів. У якості вихідних даних використано датасет CICIoT2023. Дані подавались на вхід моделей у вигляді вектора ознак ( $f_1, f_2, \dots, f_{46}$ ). Отримані результати дали змогу встановити компроміс між складністю моделі та ефективністю її роботи. Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Оцінка якості моделей бінарної та мультикласифікації даних

Модель	Тип класифікації	Оптимальна кількість нейронів	Час навчання (хв)	Точність	Фактичне використання (точність)
MLP	Бінарна	64	2.18	0.99	0.99
	Мультикласова	64	0.36	0.73	0.65
RNN	Бінарна	128	2.27	0.98	0.95
	Мультикласова	64	2.50	0.99	0.98
LSTM	Бінарна	256	50.37	0.99	0.94
	Мультикласова	256	53.51	0.99	0.99

Результати табл. 1. показують, що MLP добре працює на простіших задачах, де не потрібно враховувати складні послідовні зв'язки. RNN краще обробляє залежності у даних, тому ефективніша для мультикласових задач. LSTM також орієнтована на роботу з послідовностями й довготривалими залежностями, але в цьому дослідженні її переваги не компенсують дуже великі витрати часу на навчання.

**Список літератури:** 1. Gavrylenko, S., Poltoratskyi, V., 2026, The evolution of intrusion detection systems: a comprehensive review of modern datasets, deep learning approaches, and architectural challenges, *Advanced Information Systems*, 10(2), 100–116, <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2026.2.11>.

## **ОЦІНЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ В UAT ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДІАГНОСТИЧНОГО МОДУЛЯ ТА КОНТРОЛЬОВАНИХ ЗБУРЕНЬ**

*асп. Ю.В. Галайчук, д-р техн. наук, проф. М.А. Мірошник, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків*

Сучасне предметно-орієнтоване програмне забезпечення все частіше використовує модулі глибокого навчання, які відповідають за прийняття рішень у важливих прикладних задачах. На відміну від класичних програм з відомою логікою, такі модулі працюють використовуючи зв'язки, побудовані на основі закономірностей, отриманих під час навчання. Це значно ускладнює процес їх тестування, особливо на етапі приймального тестування (User Acceptance Testing, UAT), яке проводиться за принципом "чорної скриньки" [1].

Особливістю процесу UAT є те, що тестування виконується кінцевими користувачами або експертами предметної області, які зазвичай не мають достатніх знань у сфері машинного навчання. У результаті вони мають задачу оцінити поведінку складних моделей без розуміння їх внутрішньої логіки, що ускладнює виявлення помилок та оцінку якості системи.

Станом на сьогодні існує значна кількість підходів до тестування моделей глибокого навчання, зокрема використання метрик покриття нейронів та генерації тестових даних (наприклад, DeepXplore [2]), аналіз стійкості до збурень (adversarial attacks, [3]), а також підходи до інтерпретації вихідних даних моделі. Однак більшість цих методів використовують принцип "білої скриньки" та застосовуються під час розробки та початкового навчання або потребують спеціалізованих знань, що обмежує їх застосування на етапі приймального тестування.

У зв'язку з цим актуальною є задача створення методів, які дозволяють оцінювати роботу моделей глибокого навчання без доступу до їх внутрішньої логіки та процесу початкового навчання. Одним із можливих рішень є використання моделі передбачення, навченої на наборі даних із застосуванням спеціально розробленого простору ознак та їх залежностей від рівнів контрольованих збурень.

У доповіді розглядаються проблеми, що виникають під час приймального тестування нейронних мереж глибокого навчання у складі предметно-орієнтованого ПО, існуючі підходи тестування таких мереж за принципом "чорної скриньки" та пропонується підхід, що базується на використанні моделі передбачення як діагностичного інструменту. Така модель дозволяє оцінювати якість роботи нейронної мережі на основі поведінки системи при різних рівнях збурення вхідних даних.

**Список літератури:** **1.** *Tong R. T. Y., Yuan Y. K., Dong N. W., Ramasamy R. K.* A review: Methods of acceptance testing / *R. T. Y. Tong, Y. K. Yuan, N. W. Dong, R. K. Ramasamy* // ICTIM 2022. – 2022. – P. 76–86. **2.** *Pei K., Cao Y., Yang J., Jana S.* DeepXplore: Automated whitebox testing of deep learning systems / *K. Pei, Y. Cao, J. Yang, S. Jana* // Proceedings of the 26th Symposium on Operating Systems Principles. – ACM, 2017. – P. 1–18. **3.** *Zhang C. et al.* Adversarial Attacks of Vision Tasks in the Past 10 Years: A Survey / *C. Zhang et al.* // arXiv preprint arXiv:2410.23687. – 2024.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРУДОВИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ТА РИЗИКИ**

*асп. І.С. Гарбуз, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Стрімкий розвиток цифрових технологій та систем штучного інтелекту суттєво впливає на сучасний ринок праці та принципи організації трудової діяльності. Інтелектуальні алгоритми активно впроваджуються у виробничу сферу, логістику, фінансовий сектор, медицину та сферу послуг, забезпечуючи автоматизацію рутинних процесів і підвищення ефективності роботи. Разом із позитивними змінами виникають нові виклики, пов'язані зі скороченням робочих місць, необхідністю адаптації працівників до цифрового середовища та забезпеченням безпеки використання інтелектуальних систем [1]. У зв'язку з цим дослідження можливостей і ризиків автоматизації праці за допомогою штучного інтелекту є актуальним напрямом сучасних наукових досліджень.

Метою роботи є аналіз сучасних підходів до автоматизації трудових процесів із використанням технологій штучного інтелекту, а також визначення основних переваг і ризиків їх впровадження. У ході дослідження було проаналізовано особливості застосування інтелектуальних систем у різних галузях економіки та визначено їх вплив на продуктивність праці. Встановлено, що використання ШІ дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшити кількість помилок та підвищити швидкість обробки інформації [2]. Разом із цим виявлено ризики, пов'язані з технологічною залежністю, можливим скороченням персоналу та потребою у формуванні нових професійних компетентностей.

У результаті дослідження зроблено висновок, що автоматизація праці за допомогою штучного інтелекту є важливим етапом розвитку цифрової економіки. Ефективне впровадження інтелектуальних технологій потребує поєднання технічних інновацій із соціальною відповідальністю, а також створення умов для професійної адаптації працівників до нових форматів трудової діяльності.

**Список літератури:** 1. Баранов, О.М. Штучний інтелект і автоматизація: виклики та перспективи для економіки України / О.М. Баранов, О.О. Капустян // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. – 2021. – № 2. – С. 57–64. 2. Шкарлет, С.М. Технології штучного інтелекту в умовах цифрової трансформації / С.М. Шкарлет // Економіка та держава. – 2020. – № 10. – С. 15–21.

## **INTEGRATION OF LARGE LANGUAGE MODELS (LLM) INTO MOBILE APPLICATIONS FOR AUTOMATING USER SCENARIOS**

*PhD, Dmytro Hlavchev, PhD student Pavlo Borysov, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

The rapid evolution of mobile applications has created a demand for highly intuitive and automated user experiences. Integrating Large Language Models (LLMs) directly into mobile ecosystems allows for the seamless translation of natural language inputs into actionable user scenarios, such as navigating complex menus, filling forms, or executing multi-step tasks autonomously. However, the deployment of state-of-the-art LLMs in mobile environments presents significant computational challenges. Mobile devices rely on constrained CPU, GPU, and NPU resources, making the execution of massive parameter models difficult without severe battery drain, high latency, and thermal throttling. The growing need for intelligent automation requires a careful balance between on-device processing and cloud-based API integrations [1].

The purpose of the report is to demonstrate how modern model compression techniques and hybrid architectural paradigms enable the efficient execution of LLM-driven automation on mobile devices. Specifically, we focus on methods that allow applications to parse user intent locally using optimized, smaller-scale models (Small Language Models or SLMs), while offloading complex reasoning tasks to high-performance cloud environments. This two-tier architecture creates a practical division of labor: the on-device SLM handles latency-sensitive intent classification and entity extraction within milliseconds, whereas the cloud-hosted LLM resolves ambiguous, multi-turn, or knowledge-intensive queries that exceed the capacity of the local model.

A key aspect investigated here is the utilization of hardware-aware optimizations such as quantization (e.g., INT4/INT8 precision), parameter-efficient fine-tuning (PEFT), and layer fusion. By leveraging specialized mobile inference engines and frameworks (e.g., ExecuTorch, Core ML), developers can significantly reduce model footprints and accelerate inference while maintaining energy efficiency [2].

Furthermore, automating user scenarios requires robust integration between the LLM's output and the mobile operating system. When a user requests an action, the on-device model acts as an orchestrator, converting the natural language prompt into a structured command (e.g., JSON representation of deep links or API calls) that the application can instantly execute without requiring manual screen transitions [3]. To evaluate the reliability of this pipeline, we tested a prototype system across 420 representative user scenarios spanning navigation, form completion, and multi-app workflows. The system achieved a scenario completion rate of 91.4%, with the majority of failures attributable to

ambiguous intent expressions rather than execution errors. Average end-to-end response time – from voice input to completed action – was 1.1 seconds for locally resolved tasks and 2.6 seconds for cloud-augmented tasks, both well within acceptable thresholds for interactive use.

The results confirm that the hybrid on-device/cloud architecture provides a viable path toward production-grade LLM-driven automation on commodity mobile hardware. Three findings deserve particular emphasis. First, aggressive quantization combined with framework-level operator fusion allows billion-scale models to run within the thermal and memory envelopes of modern smartphones without persistent thermal throttling. Second, the orchestrator pattern – where the SLM emits structured commands rather than free-form text – dramatically improves execution determinism, reducing action-mapping errors by 37% compared to a baseline that relied on post-hoc text parsing. Third, user-perceived latency remains competitive with traditional GUI interactions, suggesting that intent-based automation can complement, and in routine cases replace, manual navigation.

As a conclusion, the integration of optimized Large Language Models into mobile applications represents a paradigm shift from traditional GUI-driven interactions to intent-based automation. By balancing local on-device inference for privacy and speed with cloud capabilities for complex processing, developers can deliver accurate, context-aware automation without overwhelming limited mobile resources. The quantitative results presented here – sub-second local inference, over 90% scenario completion accuracy, and minimal quality degradation under quantization – provide empirical evidence that this approach is not merely theoretical but practically deployable today. Ultimately, this synergy illustrates how modern computer engineering propels innovation, confirming the lasting value of LLM approaches for future-oriented mobile services.

**References:** 1. Han S. Deep compression: Compressing deep neural networks with pruning, trained quantization and huffman coding [Electronic resource] / Han S., Mao H., Dally W. J. // *arXiv preprint*. – 2015. – arXiv:1510.00149. – URL: <https://arxiv.org/abs/1510.00149> 2. Apple, “Core ML (Machine Learning Framework),” Apple Developer Documentation. [Online]. URL: <https://developer.apple.com/documentation/coreml>. 3. Google, “LiteRT Documentation,” (Google). [Online]. URL: <https://ai.google.dev/edge/litert>.

## **AI-DRIVEN TEST CASE GENERATION AND VERIFICATION FOR EMBEDDED NETWORK PROTOCOLS AND INTERFACES**

*PhD, Dmytro Hlavchev, PhD student Maksym Vorozhko, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv.*

Embedded software increasingly relies on complex networking stacks and high-speed interfaces, such as TCP/IP drivers and RGMII (Reduced Gigabit Media Independent Interface), to ensure reliable data transmission and system connectivity. Testing these lower-level components traditionally requires significant manual effort to create exhaustive test suites that can account for various network states, timing constraints, and protocol anomalies. Artificial Intelligence (AI) and machine learning offer a transformative approach to automating this process. By leveraging AI models, organizations can automatically generate dynamic test cases that intelligently explore the state space of embedded network protocols, significantly reducing the manual overhead required for QA engineers and developers [1].

The purpose of this report is to propose a framework where AI methods are applied to automate the testing processes of embedded communication protocols. Specifically, the focus is on utilizing intelligent fuzzing and state-machine learning techniques to identify vulnerabilities and defects in components like embedded FTP servers and network drivers. Special attention is given to how AI-driven test generators can adapt to the constraints of embedded systems, providing high test coverage without overwhelming the limited computational resources of the target hardware [2].

A key aspect investigated here is the application of machine learning algorithms to analyze past test executions and telemetry data. By processing historical logs and network traffic dumps, AI models can identify patterns associated with firmware failures or synchronization issues in hardware interfaces. These insights allow the system to proactively generate new test scenarios targeted at the most error-prone areas of the code. For example, when verifying interface speeds or data integrity under high loads, predictive models can pinpoint optimal boundary values for test inputs, ensuring that edge cases are thoroughly validated [3].

Within the scope of this review, the practical integration of AI models into Hardware-in-the-Loop (HIL) testing environments is also highlighted. To fully automate the QA process, AI-driven test generation must be seamlessly incorporated into continuous integration (CI/CD) pipelines. When a new firmware build is deployed, the AI model automatically synthesizes the necessary test scripts, executes them against the physical hardware, and analyzes the resulting logs in real-time. If an anomaly is detected – such as a dropped packet or an unexpected delay in the TCP/IP stack – the system isolates the specific test vector that caused the failure, facilitating rapid debugging. While the

transition to AI-assisted testing requires an initial investment in training data and model integration, it ultimately solves the bottleneck of manual test creation [4].

As a conclusion, we can say that the integration of artificial intelligence into the testing of embedded software represents a critical step forward in quality assurance. By automating the generation and execution of complex test cases for network protocols and hardware interfaces, AI methods allow QA teams to achieve higher reliability and faster release cycles. This approach shifts the focus from manual script writing to the strategic design of intelligent testing models, ensuring the robustness of modern embedded systems.

**References:** 1. Hlavchev D. Application of artificial intelligence for automated test case generation in ADAS and autonomous driving software testing / M. Vorozhko, D. Hlavchev // *Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2025): тези 25-ї міжнар. наук.-техн. конф.*, 25-28 вересня 2025 р. / наук. ред. Леонов С. Ю. ; Нац. акад. наук України [та ін.]. – Харків : НТУ "ХПІ", 2025. – С. 27. 2. Hlavchev D. The use of reinforcement learning for automated embedded software testing / D. Hlavchev, M. Vorozhko // *Інформатика, управління та штучний інтелект : тези дванадцятої міжнар. наук.-техн. конф., 14–16 травня 2025 р., Харків – Краматорськ – Тернопіль* / відп. за вип. Леонов С. Ю ; прогр. ком.: М. І. Гасанов (голова) [та ін.]; орг. ком.: С. Ю. Гавриленко [та ін.]; Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Донбаська державна машинобудівна академія. – Харків : НТУ "ХПІ", 2025. – С. 30. 3. Baqar M. The future of software testing: AI-powered test case generation and validation / M. Baqar, R. Khanda // *Intelligent Computing : Proceedings of the Computing Conference, June 2025*. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2025. – P. 276–300. 4. Natarajan D. R. AI-generated test automation for autonomous software verification: Enhancing quality assurance through AI-driven testing / D. R. Natarajan // *Journal of Science and Technology*. – 2020. – Vol. 5, No. 5.

## SELECTION OF A COORDINATE MEASURING MACHINE USING MACHINE LEARNING METHODS

*cand. of phys. math. sci., associate prof. Y.P. Gomofov, master V.B. Bocharov, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv*

A coordinate measuring machine (CMM) is a high-precision equipment for measuring the physical geometric characteristics of objects in three-dimensional space along the X, Y, and Z axes. Main types of CMMs is: Bridge: The most common type for shop and laboratory environments. They have high accuracy and stability. Measuring arms (Arms): Mobile manipulators that allow measurements to be made directly at the machine tool or on large parts. Optical (Non-contact): Uses lasers or video cameras. Ideal for fragile or elastic parts where mechanical contact is undesirable. Horizontal Arm: Used for large objects, such as car bodies. Applications: Automotive: Body and engine geometry control. Aerospace: Turbine and complex component measurement. Mechanical engineering: CNC machining accuracy verification. Reverse engineering: 3D model creation from existing physical samples. In [1] we present classical information on the possibilities of choosing a CMM, and in [2] we show the possibility of using machine learning to choose a measurement strategy. We are going to propose some complex optimization model. It is obvious that in the topic of this work there are the following related tasks of optimizing decision-making: the choice of a coordinate measuring machine taking into account the industry, the possibility of maximum automation of the procedures for its use and the financial component. As for the application of a mathematical model for such a problem, it is clear that the main requirements for it must simultaneously satisfy the adequacy of the complex requirements for the optimization problem formulated above, and also be a software product that can be used by a company that promotes CMM in the Ukrainian markets. It is quite clear that this can only be done using machine learning methods.

**References:** 1. Matthias Richard Mantel. Coordinate measuring machines: a modern inspection tool in manufacturing. <https://digitalcommons.njit.edu/theses>. 2. Branko Strabac, Sara Havrlisan, Marko Orosnjak, Milos Ranislavliev. Unsupervised machine learning application in the selection of the measurement strategy on Coordinate Measuring Machine. Aug 2024 Advances in Production Engineering&Management 19(2) 209-222 DOI:10.14743/apem2024.2.502

## **МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТИВ БІОНІЧНОЇ РУКИ З ТЕМПЕРАТУРНОЮ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ ПОВЕРХНІ**

*студ. В.П. Горбань, Національний аерокосмічний університет  
"Харківський авіаційний інститут", м. Харків*

Розуміння анатомії та нейрофізіології верхньої кінцівки є принциповим для грамотного проектування систем міоелектричного управління. Рухова система передпліччя включає три групи м'язів. Передня (флексорна) група містить – поверхневий та глибокий згиначі пальців, довгий згинач великого пальця, ліктьовий і променевий згиначі зап'ястя та круглий пронатор. Задня (екстензорна) група включає – загальний розгинач пальців, розгиначі мизинця та вказівного пальця, довгий і короткий розгиначі великого пальця, ліктьовий та довгий/короткий променеві розгиначі зап'ястка. Латеральна (радіальна) група – плечопроменевий м'яз та супінатор. Міоелектричне управління ґрунтується на реєстрації та декодуванні електроміографічних (ЕМГ) сигналів з поверхні куксі.

Таким чином, розробка методу розпізнавання жестів біонічної руки з температурною ідентифікацією поверхні є актуальною науковою задачею.

У доповіді проведено аналіз відомих методів розпізнавання жестів. Доведено їх особливості, переваги та недоліки. Відмічено, що патерн-розпізнавання (Pattern Recognition, PR) є значним кроком вперед порівняно з класичним двоканальним управлінням. Замість порогового детектування PR-методи вилучають вектори ознак з ЕМГ-сигналів декількох каналів та класифікують їх як команди управління, кожна з яких відповідає певному типу руху або жесту.

Запропоновано метод використання температурного патерну поверхні контакту протеза як ознаки класифікатора жестів, що принципово відрізняється від відомих методів, де температурні дані використовуються виключно для сенсорного зворотного зв'язку. Розкрито сутність методу.

Розроблено математичну модель 56-вимірної мультимодальної вектора ознак (40 ЕМГ + 16 температурних) з обґрунтуванням стратегії проміжного злиття на рівні ознак. Представлено аналітичні вирази для проведення розрахунків. Встановлено статистично значущі кореляції між температурними розподілами на масиві сенсорів та типами хватів ( $\rho = 0,61-0,84$ ,  $p < 0,001$  за критерієм Спірмена).

Запропонований метод може бути реалізований завдяки додавання масиву 16 терморезисторів NTC до серійного протеза без заміни основних компонентів системи.

За результатами експериментальної перевірки методу встановлено, що точність класифікації складає  $99,58 \pm 0,8$  % при часі на відгук 72 мс, а стійкість до зсуву електродів підвищується на 39 % відносно основного методу без температурних ознак.

## **РОЗРОБКА МАСШТАБОВАНОЇ ВЕБПЛАТФОРМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-КУРСІВ З ВОДИННЯ**

*асистент Г.В. Гряник, бакалавр А.Ю. Батюченко, бакалавр С.Г. Батюченко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Активний розвиток сучасних інформаційних технологій та інженерії програмного забезпечення стимулює перехід традиційних освітніх процесів у цифровий простір. Навчання водінню вимагає обов'язкові практичні навички та спирається на складну теоретичну базу, яку ефективніше опанувати за допомогою спеціалізованих онлайн-рішень. Метою роботи є проєктування та розробка вебсайту для курсів з водіння, що інтегрує сучасні підходи до електронного навчання (e-learning) та гнучку систему підписок.

Сучасний підхід до навчання на платформі реалізується через інтерактивні модулі, елементи гейміфікації та алгоритми адаптивного тестування. Замість лекцій система використовує концепцію мікронавчання (microlearning): масив правил дорожнього руху розбивається на короткі, динамічні відео-уроки та інтерактивні ситуаційні квізи. Це дозволяє персоналізувати темп засвоєння матеріалу та значно підвищує рівень залученості й утримання уваги користувачів.

Одним із ключових завдань при створенні платформи є забезпечення її масштабування. Архітектура проєкту базується на мікросервісному підході та використанні хмарних технологій. Таке рішення дозволяє системі стабільно витримувати пікові навантаження. Крім того, це дає змогу безперешкодно розширювати функціонал, додаючи нові регіони або мовні версії без зупинки основного сервісу.

Економічна життєздатність проєкту забезпечується продуманою системою монетизації на основі підписок. На платформі реалізовано багаторівневу структуру доступу: "Базовий" (необмежений доступ до текстових матеріалів та стандартних тестів), "Стандарт" (додаються відео-уроки, 3D-симуляції перехресть та розширений аналіз помилок) та "Преміум" (пріоритетна підтримка та можливість індивідуальних онлайн-консультацій з сертифікованими інструкторами). Така модель забезпечує стабільний та прогнозований дохід (MRR), надаючи при цьому користувачам можливість обрати найбільш релевантний формат.

Таким чином, розроблена концепція веб-платформи вирішує проблему осучаснення теоретичної підготовки водіїв, а гнучка система підписок робить продукт комерційно привабливим для подальшого розвитку та розширення на нові ринки.

## **CORPORATE COMPUTER NETWORK WITH WIRELESS SEGMENT**

*bachelor I. Guzev, senior lecturer S. Mezheryskyi, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

Modern information technologies are rapidly integrating into all areas of enterprise activity, which necessitates the creation of reliable, productive and secure computer networks. One of the current problems is ensuring stable connectivity for both stationary and mobile users within the corporate infrastructure. The current state of development in this area includes significant achievements in the field of routing, encryption and centralized network management. At the same time, certain gaps remain, in particular in the field of optimal combination of wired and wireless segments in complex environments, which requires further research and development. Global trends indicate a gradual transition to hybrid networks with centralized management (for example, through CAPsMAN or cloud controllers), the widespread implementation of WPA3 security standards, as well as the development of network protocols to ensure high quality of service (QoS) and fault tolerance. The relevance of this work is due to the need to create an infrastructure that would combine the flexibility of wireless access with the reliability of traditional wired solutions, while providing centralized management, uninterrupted communication, access control, and high performance. The object of the study is a corporate computer network. The subject of the study is the architecture, configuration, and optimization of the wireless network segment. The purpose of the work is to develop a model of a corporate computer network with an integrated wireless segment that provides secure and efficient access to information resources. Within the framework of this bachelor's project, a full cycle of development of the wireless segment of a corporate computer network was carried out. An analysis of existing technologies was carried out, their advantages and disadvantages were identified, as well as the features of implementing Wi-Fi technology in modern conditions. Based on a real object - a company with an extensive infrastructure - the network topology was designed, the appropriate network equipment was selected and configured. Particular attention was paid to setting up Wi-Fi roaming, which ensures continuous switching of users between access points without losing the connection and reducing the quality of service. The development process took into account the current requirements for security, fault tolerance and adaptability of the network. The testing showed that the selected configuration is effective, stable and ready for practical implementation. Thus, the project confirms the possibility of creating a reliable wireless segment of a corporate network taking into account modern challenges in the field of information technology. The results of the work can be used as a basis for implementing or upgrading wireless networks in real corporate structures.

## МЕТОД ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ СЦЕНАРІЇВ ДЛЯ C++ БІБЛІОТЕК НА ОСНОВІ АГЕНТА З Q-НАВЧАННЯМ

*асп. М.В. Гулевич, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Упродовж тривалого процесу розробки програмного забезпечення (ПЗ) накопичуються великі розміри тестових наборів (ТН) для C++ бібліотек, які часто містять надлишкові тестові сценарії (ТС), що дублюють поведінку. Таке накопичення призводить до збільшення часу на розробку ПЗ та ускладнює своєчасне виявлення дефектів у ньому.

Існуючі підходи до оптимізації ТС, зокрема алгоритм дельта-дебагінгу, жадібні алгоритми та метод пошуку на дереві Монте-Карло, дозволяють зменшити розмір ТН. Однак, вони можуть бути менш ефективними зі зростанням кількості можливих послідовностей викликів функцій C++ бібліотеки, яка тестується.

З іншої точки зору, формування ТС на основі агента з Q-навчанням має низку переваг. Зокрема, функція винагороди агента налаштовується відповідно до особливостей C++ бібліотеки, а агент накопичує знання про корисність окремих дій ТС та враховує їх майбутню корисність. Крім того, агент не потребує повної поведінкової моделі C++ бібліотеки. Таким чином, розробка методу формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням є актуальною науковою задачею.

У роботі наведено результати аналізу існуючих математичних моделей, методів та алгоритмів формування (оптимізації) ТС для C++ бібліотек.

Розроблено математичну модель формування ТС на основі Q-навчання та удосконалено алгоритм дельта-дебагінгу мінімізації ТС. Запропонована модель описує стан агента за допомогою суфіксів ТС різної довжини, враховує коефіцієнт впливу коротших суфіксів під час оновлення функції корисності та узагальнює значення Q-функції при виборі дій ТС. На основі розробленої моделі та удосконаленого алгоритму вперше розроблено метод формування ТС для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням, що дозволяє стиснути розмір ТН без втрати гілкового покриття, досягаючи коефіцієнта збереження покриття до 1,225, коефіцієнта стиснення до 0,86 та коефіцієнта скорочення часу на виконання ТН до 0,78. Доведено ефективність удосконаленого алгоритму, розроблених математичної моделі та методу [1, 2].

**Список літератури:** 1. Kolomiitsev, O., Hulevych, M., Dmitriyev, O., Levchenko, A., Balabukha, O. Evaluation of the effectiveness of the enhanced greedy and delta-debugging test case optimization algorithms for C++ libraries. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2026. No. 1(35), P. 39–54. – <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2026.1.039>. 2. Hulevych M. Evaluation of the effectiveness of the test scenarios forming method for C++ libraries based on a Q-learning agent. *Management Information Systems and Devices*, 2025. No. 4(187). P. 20–46. – <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2025.187.020>.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТОПОЛОГІЙ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ**

*магістр Б.С. Денін, канд. техн. наук, доц. О.А. Поворознюк,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

При збільшенні масштабів корпоративних інфраструктур все гостріше виникають питання автоматизованого проєктування топологій локальних обчислювальних мереж. Крім того, ручне проєктування в САД-системах знижує ефективність використання інженерного часу, підвищує ризик порушення норм площі на робоче місце та призводить до перевищення фізичних лімітів довжини кабельних ліній. Все це викликає інтенсивні дослідження процесів просторового зонування, розробку нових методів маршрутизації та створення перспективних систем автоматизованої генерації топологій, що розглядається в [1]. Однак, оскільки задачі розміщення вузлів та трасування є дискретними, багатовимірними, такими, що функціонують в умовах складної геометрії перешкод, синтез таких планів за допомогою класичних аналітичних алгоритмів багато в чому є неефективним. У зв'язку з цим, як зазначено в [2], останніми роками виник новий напрямок у створенні перспективних систем проєктування на основі клітинних автоматів. В контексті [3], алгоритм клітинних автоматів, що використовує такі поняття, як регулярна сітка, стани клітинок, околи Мура та фон Неймана, тощо, тривалий час застосовувався переважно у теоретичних дослідженнях і вважався нетиповим для прикладних інженерних задач трасування. Проте успішна програмна реалізація методів просторового зонування на основі клітинних автоматів довела їхню ефективність та доцільність інтеграції у сучасні САПР.

У доповіді розглядаються основні поняття та підходи теорії клітинних автоматів, які були використані при синтезі мікросервісної системи автоматизованого проєктування топологій комп'ютерних мереж, а також результати її дослідження на програмних моделях.

Впровадження розробленого підходу дозволить суттєво скоротити час на проєктування систем та оптимізувати маршрутизацію мереж в умовах сучасних офісних просторів.

**Список літератури:** 1. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі: підручник. Львів : Магнолія 2006, 262 с. 2. Жуков О. В. Моделі на основі клітинних автоматів. Імітаційне моделювання просторових систем : навч. посіб. Дніпро : ДНУ, 2018. С. 145–168. 3. Бандман О. Л. Клітинно-автоматні моделі просторової динаміки. Системна інформатика. 2020. № 1. С. 55–94.

## **МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ**

*асп. С.С. Довбій, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Основою сучасного автономного автомобіля є мультимодальне сприйняття: камери, LiDAR, radar, ультразвукові сенсори, GPS/IMU та HD-мапи. Дані поєднуються на рівні сирих даних, ознак або фінальних рішень. Камери дають семантичну інформацію, LiDAR - точну 3D-геометрію, radar - дальність і швидкість у складних погодних умовах, тому сенсорне злиття підвищує надійність порівняно з окремим сенсором [1].

У сьогоднішньому актуальному тренді є перехід до foundation models, world models та Vision-Language-Action моделей. Такі системи не лише розпізнають об'єкти, а й моделюють майбутній розвиток сцени, пояснюють рішення природною мовою, генерують можливі сценарії та допомагають краще обробляти «довгий хвіст» рідкісних ситуацій. World models застосовують дифузійні моделі, 4D occupancy forecasting та інші для прогнозування майбутньої дорожньої обстановки [2]. Головною проблемою залишається безпека та верифікація. Автономна система має бути стійкою до поганої погоди, поганої розмітки, неочікуваної поведінки пішоходів, помилок сенсорів і кібератак. Тому все більше уваги приділяється safety case, симуляціям, полігонним тестам, реальним дорожнім випробуванням, логуванню подій і післяексплуатаційному моніторингу [3]. Проект глобального регулювання UNECE для Automated Driving Systems вимагає, щоб ADS не створювала необґрунтованого ризику й працювала щонайменше на рівні компетентного та обережного водія.

Отже, перспективним напрямом є гібридна архітектура: нейромережі відповідають за сприйняття, прогнозування й адаптацію до складних сценаріїв, а класичні методи керування, обмеження безпеки, формальна перевірка та регуляторні вимоги забезпечують контрольованість системи. Саме така комбінація є найбільш реалістичною для масового впровадження автоматизованого керування автомобілем у найближчі роки.

**Список літератури:** 1. SAE J3016 / ANSL. *SAE Levels of Driving Automation*, 2025. P. 59 – 62. 2. Chu, F. et al. *A survey of transformer architectures for autonomous driving*, 2025. 3. NECE GRVA. *Draft Global Regulation on Automated Driving Systems*, 2026.

## **ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ СЕМАНТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ CAD/CAM-РЕКОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК**

*асп. В.Є. Доля, канд. техн. наук, проф. І.Є. Яковенко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Ефективність реверс інжинірингу відповідальних деталей газотурбінних установок (ГТУ) значною мірою залежить від точності інформаційного перетворення результатів 3D-сканування у параметричні CAD-моделі. Сучасні системи оптичного сканування фіксують просторову геометрію, генеруючи щільні хмари точок та неструктуровані полігональні сітки, які є лише дискретним наближенням фізичного об'єкта та не містять топологічної інформації, тому не можуть бути безпосередньо інтегровані в САМ-системи.

Основною алгоритмічною перешкодою для повної автоматизації технологічної підготовки виробництва є «семантичний розрив». Для вирішення цієї проблеми запропоновано інформаційну модель семантичної ідентифікації на основі гібридного підходу. Запропонований алгоритм використовує програмні інтерфейси (API) CAD-систем для жорсткої екстракції топологічних інваріантів. Вилучені багатовимірні дані потребують подальшої трансляції у терміни технології машинобудування. Роль інтеграційного шлюзу між строгим детермінованим середовищем САПР та великими мовними моделями (LLM) виконують локально розгорнуті сервери протоколу контексту моделі (Model Context Protocol, MCP) [1].

Застосування LLM-агентів в інженерних задачах супроводжується ризиком генерації хибних даних («галюцинацій комп'ютерного зору»). Блокування цього фактору досягається обмеженням простору рішень нейромережі. Алгоритми штучного інтелекту здійснюють експертизу екстрагованої геометрії виключно через призму онтологічних баз знань машинобудівних стандартів. Практична реалізація запропонованого гібридного інформаційного забезпечення мінімізує вплив «галюцинацій» комп'ютерного зору. Такий синергетичний підхід усуває необхідність ручної розмітки оброблюваних зон, що критично скорочує цикл автоматизованої підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК при CAD/CAM-реконструкції деталей ГТУ.

**Список літератури:** 1. *Fei X., Zheng X., Feng H.* MCP-Zero: Proactive Toolchain Construction for LLM Agents from Scratch // Proceedings of the IEEE Conference on Artificial Intelligence. - 2024. - P. 112-125. arXiv:2506.01056v2 [cs.AI].

## DESIGN AND EVALUATION OF A SECURE UNIVERSITY NETWORK INFRASTRUCTURE

*master student, Muad Errafik, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv; PhD, Amal Mersni, International University of Sarajevo, Sarajevo.*

Higher education institutions increasingly rely on complex network infrastructures supporting digital learning, research collaboration, and virtualized services. This digitalization expands the attack surface, making university networks attractive targets for cyberattacks targeting sensitive data and institutional assets [1, 2]. Unlike traditional enterprise environments, these networks are open, heterogeneous, and decentralized, which complicates the implementation of consistent security controls. This work investigates security challenges in university network infrastructures and evaluates an integrated protection approach based on network segmentation and intrusion detection mechanisms. The experimental study was conducted in a virtualized environment using GNS3 and VMware, implementing VLAN-based segmentation, a demilitarized zone, firewall policies, and a Suricata-based intrusion detection system. Four attack scenarios were simulated, including network scanning, web vulnerability analysis, SSH brute-force attacks, and denial-of-service flooding. Results show that prior to security implementation all attacks were successful, enabling host discovery, service enumeration, credential compromise, and service disruption. After applying inter-VLAN isolation, access control policies, and IDS rules, all attacks were detected and mitigated through applied security controls. In particular, lateral movement between network segments was prevented and service availability was preserved under attack conditions. Performance evaluation using iperf3 showed an average throughput degradation of 10.9%, demonstrating that the proposed architecture enhances security while maintaining acceptable network performance. The obtained results highlight the effectiveness of a defense-in-depth approach, combining segmentation, traffic filtering, and intrusion detection, for securing modern university network environments.

**References:** 1. A. Joshi and A. Singh, "A Model for Campus Network Security Using Risk Management Framework," *International Journal of Computer Applications*, 2019, DOI: 10.13140/RG.2.2.24262.69447. 2. Y. Zheng, Y. Zhang, and X. Li, "Assessing the Security of Campus Networks: The Case of Seven Universities," *Sensors*, vol. 21, no. 1, Art. no. 306, 2021, DOI: 10.3390/s21010306.

## РОЗРОБКА ГЕЙМДИЗАЙНУ ЕКОНОМІЧНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

*студ. Я.Д. Євсєєв, канд. техн. наук, доц. О.А. Поворознюк, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасна індустрія комп'ютерних ігор демонструє стійкий інтерес до поєднання економічних механік із елементами виживання та стратегічного планування. Особливе місце займають однокористувацькі ігри, у яких гравець взаємодіє з динамічною системою ресурсів, ризиків і винагород. При цьому перспективним є поєднання видобутку ресурсів, їх економічного використання та необхідності захисту ігрової бази в умовах зростаючої складності [1]. Актуальність теми визначається зростаючим попитом на ігри з комплексними системами прийняття рішень і довготривалою прогресією. Сучасні користувачі віддають перевагу проектам, у яких результат залежить від ефективного управління ресурсами та стратегічного планування. Комбінування декількох жанрових підходів, зокрема *economic*, *survival* і *tower defense*, дозволяє створити більш насичений і варіативний ігровий процес, що підвищує інтерес і повторюваність проходження [2].

Проектування гри здійснюється із застосуванням ігрового рушія Unity та мови програмування C#. Основними підходами є побудова базового ігрового циклу, що включає добування ресурсів, їх обмін на ігрову валюту та інвестування в розвиток, а також ітеративна розробка і тестування механік. Значну роль відіграє балансування економічної моделі, проектування системи ускладнення та впровадження механік автоматизації. Для реалізації використовується модульний підхід, який забезпечує гнучкість і масштабованість системи. Використання спрощених графічних рішень і чітко структурованої архітектури дозволяє оптимізувати витрати ресурсів і часу на розробку, зберігаючи при цьому якість ігрового процесу.

Розробка однокористувацької економічної гри є актуальним і перспективним напрямом, що поєднує технічні та креативні аспекти. Інтеграція економічних механік із елементами виживання та оборони сприяє формуванню цілісного ігрового досвіду, який відповідає сучасним вимогам користувачів і має потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення..

**Список літератури:** 1. *Schell J.* The Art of Game Design: A Book of Lenses. CRC Press, 2019. 2. *Salen K., Zimmerman E.* Rules of Play: Game Design Fundamentals. MIT Press, 2004.

## **РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ**

*магістр В.В. Єсінов, м. Харків*

Сучасний розвиток промисловості в рамках концепції Industry 4.0 вимагає впровадження високоефективних систем автоматизованого контролю та діагностики. Традиційні методи технічного обслуговування поступово заміщуються стратегіями предиктивної діагностики (Predictive Maintenance), де ключову роль відіграють системи інтелектуального моніторингу стану обладнання в реальному часі.

Перехід до використання технічного зору у складних промислових умовах зумовлює низку викликів: мінливість освітлення, наявність виробничого шуму та необхідність виявлення критично малих дефектів на великих поверхнях. У тезах розглядається підхід до створення інтелектуальної системи, що базується на поєднанні модифікованих архітектур згорткових нейронних мереж (CNN) та технологій периферійних обчислень (Edge Computing).

Запропонована концепція охоплює повний цикл обробки візуальних даних: від попередньої фільтрації зображень до прийняття рішення про наявність дефекту. Ключовим етапом дослідження є моделювання процесу розпізнавання образів за категоріями геометричних спотворень, текстурних аномалій та термічних відхилень (при використанні інфрачервоного спектру). Для промислових об'єктів це дозволяє визначити найбільш критичні точки ризику: зварні з'єднання, рухомі вузли механізмів та зони термічного навантаження.

На основі проведеного аналізу формується набір методів інтелектуального захисту виробничого процесу:

1. На рівні архітектури нейромережі: використання механізмів уваги (Attention Mechanisms) для фокусування моделі на дрібних деталях та застосування методів трансферного навчання (Transfer Learning) для адаптації до специфічних типів обладнання при обмеженій вибірці даних.

2. На апаратному рівні: розгортання оптимізованих моделей на Edge-пристроях (наприклад, NVIDIA Jetson), що забезпечує аналіз відеопотоку безпосередньо на місці виникнення події з мінімальною затримкою.

3. На рівні обробки даних: застосування методів квантизації та прунінгу для зменшення обчислювальної складності моделей без суттєвої втрати точності.

Особливу увагу приділено роботі з незбалансованими наборами даних, що є характерним для реального виробництва, де кількість зображень із дефектами значно менша за кількість нормальних станів.

Використання генеративно-змагальних мереж (GAN) для синтезу штучних прикладів пошкоджень дозволяє підвищити робастність системи.

Практична цінність підходу полягає у можливості інтеграції системи в існуючі лінії автоматизації enterprise-рівня. Поєднання глибокого навчання з апаратною оптимізацією забезпечує високу стійкість системи до динамічних змін промислового середовища та сприяє зниженню витрат на позапланові ремонти.

**Список літератури:** **1.** Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. 800 p. **2.** Lecun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature. 2015. Vol. 521. P. 436–444. **3.** Kochiiiev A. Deep Learning-based Visual Inspection Systems in Manufacturing: A Review. IEEE Access, 2024. **4.** Redmon J., Farhadi A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger. Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. P. 7263–7271.

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПТИЧНОГО ТЕСТУВАННЯ КОМУТАЦІЙНИХ ПЛАТ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

*канд. техн. наук, доц. І.В. Жарікова, канд. техн. наук, доц. О.О. Чала, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

Важливим етапом виробництва сучасних засобів автоматизації є контроль якості комутаційних плат [1]. Одним з актуальних завдань цього етапу є створення високопрецизійних автоматизованих систем оптичного тестування плат, зокрема, які б дозволяли точно виявляти та локалізувати на платах дефекти типу обривів, коротких замикань, дефектів отворів тощо [2].

У сучасних системах контролю електронних виробів затребуваним є впровадження методів машинного навчання для реалізації розпізнавання дефектів на зображеннях контрольованих об'єктів, які мають високу щільність розташування елементів топології.

Розроблено автоматизовану систему оптичного контролю комутаційних плат на базі нейромережі YOLOv4 (архітектура Darknet). Використання згорткових нейронних мереж забезпечує ефективне розпізнавання об'єктів та дефектів на зображеннях плат у процесі тестування.

Для навчання моделі сформовано набір з 1500 чорно-білих сканованих фрагментів плат, що містять від 3 до 12 дефектів на кадр.

Попередня обробка зображень у середовищі Python (перетворення у градації сірого та бінаризація) дозволила мінімізувати розмірність вхідної матриці та оптимізувати швидкість обчислень.

Час обробки одного зображення становить 60-120 мс (10-15 кадрів за секунду), що відповідає вимогам контролю виробів у режимі реального часу. Середня точність детектування дефектів склала 87,5 %.

Нейромережевий підхід забезпечує стійкість до змін освітлення та неоднорідності текстури діелектрика, що мінімізує кількість хибних спрацювань системи. У подальшому можлива адаптація нейромережі до обладнання, яке використовується на виробництві, наприклад, до оптичного обладнання у вигляді сканерів або камер.

**Список літератури:** 1. *Nevliudov I. Sh., Palagin V. A., Razumov-Frizjuk E. A., Zharikova I. V.* MEMS Intellect Multiprobes Contacting Devices for Electrical Checking-up of Multilayers Commutative Boards and BGA/CSP Electronic Components. Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012). September 14-17, 2012. Kharkov, Ukraine. PP. 483-485. 2. *Nevliudov I., Botsman I., Chala O., Khrustalev K.* Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Information systems and technologies (IST-2021): proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference, September 13-19. Odesa, 2021. P. 234-238.

## **РОЗРОБКА ANDROID-ДОДАТКУ НА ОСНОВІ LLM ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

*магістр кафедри А. Жибовська, PhD, доц. Д.М. Главчев, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасна клінічна психологія потребує інструментів, які дозволяють оптимізувати процес діагностики та зменшити навантаження на фахівців. Одним із напрямів є застосування великих мовних моделей (Large Language Models, LLM) у мобільних додатках, що можуть виступати асистентами психолога на етапі попереднього збору та структурування діагностичної інформації [1, 2].

Метою даної роботи є аналіз архітектурних та етичних аспектів розробки Android-додатку, який використовує LLM для підтримки психологічної діагностики.

Основна ідея полягає у створенні мобільного додатку, що дозволяє психологу проводити структуроване інтерв'ю з клієнтом за допомогою адаптивного діалогового інтерфейсу, побудованого на базі LLM. Модель аналізує відповіді клієнта в реальному часі, формує уточнюючі запитання відповідно до обраної діагностичної методики та генерує попередній звіт, який психолог може використати як основу для подальшої роботи. Важливо підкреслити, що додаток не ставить діагнозів самостійно – він лише допомагає фахівцю систематизувати зібрані дані.

З технічної точки зору, для реалізації Android-додатку пропонується архітектура на основі Kotlin із використанням Jetpack Compose для побудови інтерфейсу. Взаємодія з LLM здійснюється через REST API до хмарного сервісу (наприклад, OpenAI API або Anthropic Claude API), що дозволяє використовувати потужні моделі без необхідності розгортання їх локально на мобільному пристрої. Для забезпечення офлайн-режиму можливе використання компактних on-device моделей, таких як Gemma з інференсом через ONNX Runtime або MediaPipe LLM Inference API [3, 4].

Серед ключових технічних викликів слід виділити: забезпечення низької латентності відповідей для підтримання природного темпу діалогу; обробку та зберігання чутливих персональних даних відповідно до вимог GDPR та українського законодавства про захист персональних даних; контроль якості генерованого контенту, оскільки помилкові або некоректні формулювання у психологічному контексті можуть завдати шкоди клієнту [4].

Специфіка роботи у сфері психології накладає додаткові обмеження на розробку. По-перше, будь-яка автоматизована система діагностичної підтримки має відповідати принципу «не нашкодь»: модель не повинна

генерувати висновки, які можуть бути інтерпретовані як остаточний діагноз. По-друге, існує ризик надмірної довіри до результатів LLM з боку менш досвідчених фахівців, що потребує впровадження механізмів обов'язкового підтвердження результатів людиною-спеціалістом. По-третє, мовна модель має бути адаптована до україномовного контексту, враховуючи специфіку психологічної термінології та культурні особливості комунікації [1, 4].

Додатковим викликом є проблема «галюцинацій» LLM – генерації правдоподібного, але фактично хибного тексту. У психологічному контексті це є критично небезпечним. Для мінімізації цього ризику пропонується використання Retrieval-Augmented Generation (RAG), де модель спирається на верифіковану базу знань із клінічних протоколів, МКБ-11 та DSM-5, а також обмеження простору генерації за допомогою структурованих промптів та валідації виходу [5].

Таким чином, розробка мобільного додатку з використанням LLM для підтримки психологічної діагностики є перспективним, але складним завданням, що вимагає міждисциплінарного підходу на перетині штучного інтелекту, мобільної розробки, клінічної психології та медичної етики. Подальші дослідження мають бути спрямовані на валідацію таких систем за участю практикуючих психологів.

**References:** 1. Петрик О. Вплив штучного інтелекту на методологію наукових досліджень у сучасній психології / О. Петрик // *Психологічні перспективи*. – 2025. – Вип. 45. – С. 134–151. 2. Шпанко Н. С. Система надання психологічної допомоги на основі генеративного штучного інтелекту : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» : спец. 122 «Комп'ютерні науки» / Н. С. Шпанко ; ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв, 2024. – 81 с. 3. Козуб Г. О. Розробка мобільного Android-додатку з застосуванням принципів Clean Architecture / Г. О. Козуб, Ю. Г. Козуб, Г. А. Могильний та ін. // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. – 2021. – № 5 (269). – С. 5-10. 4. Мельник М. Ю. Генеративний штучний інтелект у психології: наслідки та рекомендації для науки і практики / М. Ю. Мельник, А. В. Малиношевська, К. А. Андросович // *Інформаційні технології і засоби навчання*. – 2024. – Т. 103, № 5. – С. 188–206. 5. Махно Є. Галюцинації штучного інтелекту у сфері освіти та науки: причини, наслідки та методи мінімізації / Є. Махно, Є. Руденко, Є. Судніков, М. Тищенко // *Повітряна міць України*. – 2026. – № 1(8). – С. 111–126. – DOI: 10.33099/2786-7714-2025-1-8-111-126.

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖІ КЛАСИФІКАЦІЇ ШВИДКОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДА**

*д-р техн. наук, проф. О.Ю. Заковоротний, асп. О.С. Євтушенко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Забезпечення безпеки руху рухомого складу на криволінійних ділянках залізничного шляху є однією з ключових проблем сучасної залізничної галузі. Перевищення критичної швидкості на кривих призводить до зростання поперечних сил, що діють на колісні пари, збільшення ризику сходу рухомого складу з рейок та виникнення аварійних ситуацій. Водночас надмірно консервативні обмеження швидкості знижують пропускну здатність мережі та економічну ефективність перевезень. Таким чином, задача точної та своєчасної класифікації режиму руху на "безпечний", "прийнятний" та "небезпечний" є актуальною як з точки зору безпеки, так і з точки зору оптимізації експлуатаційних показників.

Традиційні підходи до оцінки безпеки руху базуються на детерміністичних моделях динаміки рухомого складу, які потребують точного знання всіх параметрів системи "колесо – рейка" та значних обчислювальних ресурсів для проведення симуляцій у режимі реального часу. Крім того, такі моделі погано справляються з варіативністю параметрів рухомого складу та змінними умовами шляху, що характерні для реальної експлуатації. В цьому контексті методи машинного навчання, зокрема нейронні мережі, набувають все більшої значущості як інструмент побудови гнучких класифікаторів, здатних узагальнювати закономірності із великих масивів експериментальних або змодельованих даних.

Особливий інтерес для розв'язання задачі класифікації режиму руху поїзда становлять нейронні мережі Growing When Required (GWR) – адаптивні самоорганізовані мережі, що динамічно змінюють свою топологію у процесі навчання. На відміну від мереж із фіксованою архітектурою, GWR додає нові нейрони-прототипи лише тоді, коли вхідний сигнал є достатньо "новим" для існуючої топологічної карти.

Таким чином, використання нейронних мереж у якості класифікатора безпеки руху рухомого складу є перспективним напрямком подальших досліджень

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУР УПРАВЛІННЯ В МОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ ПОЛЕГШЕНИХ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ АРХІТЕКТУР**

*д-р техн. наук, проф. О.Ю. Заковортний, асп. Т.О. Орлова, канд. техн. наук О.О. Анциферова, Л.М. Д'якова, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасні системи управління потребують інтелектуальної обробки даних безпосередньо на периферійних пристроях [1]. Проте висока складність традиційних згорткових нейромереж (CNN) обмежує їх використання.

Актуальність дослідження обумовлена стрімким впровадженням інтелектуальних агентів у мобільні та вбудовані системи управління. Традиційні архітектури глибоких нейронних мереж характеризуються високою обчислювальною складністю, що унеможливає їх пряму імплементацію на пристроях з обмеженими ресурсами пам'яті та енергоспоживання. Відтак, критичного значення набуває перехід до оптимізованих архітектур, що базуються на принципах структурного стиснення та глибинно-розділених згортках

В роботі розглянуто архітектурні особливості оптимізованих нейронних мереж, зокрема механізм глибинної розділеної згортки. Проаналізовано вплив даного підходу на зменшення обчислювальної складності моделей при збереженні високої точності розпізнавання для вбудованих систем.

Ключовою технологічною інновацією в оптимізованих архітектурах (зокрема MobileNet) є заміна стандартної згортки на Depthwise Separable Convolution, яка дозволяє радикально знизити кількість математичних операцій без суттєвої втрати здатності мережі до узагальнення [2]. Цей процес реалізується у два етапи:

1. Depthwise Convolution (Глибинна згортка): На відміну від традиційного підходу, де один фільтр обробляє всі канали вхідного тензора одночасно, тут до кожного вхідного каналу застосовується окремий одиничний фільтр. Це дозволяє ізольовано виділяти просторові ознаки в кожному шарі (наприклад, окремо в  $R$ ,  $G$  та  $B$  каналах), що мінімізує кількість параметрів на першому етапі обробки.

2. Pointwise Convolution (Точкова згортка): Після завершення глибинної згортки необхідно об'єднати отримані дані в єдину структуру. Для цього використовується згортка з ядром розміром  $1 \times 1$ . Вона виконує роль лінійної комбінації ознак по всіх каналах. Саме цей етап відповідає за створення нових комбінованих ознак і дозволяє регулювати глибину (кількість каналів) вихідного тензора.

В результаті оптимізації, таке розділення операцій дозволяє зменшити обчислювальні витрати приблизно у 8–9 разів порівняно зі стандартною  $2D$  згортою (при використанні ядер  $3 \times 3$ ) [3]. Це забезпечує можливість роботи нейромережі в режимі реального часу на мобільних процесорах з обмеженим  $TDP$ .

Це дозволяє зменшити обчислювальну складність з

$$O(D_k^2 \cdot M \cdot N \cdot D_f^2)$$

до

$$O((D_k^2 M + M t N) D_f^2)$$

де  $D_k$  – розмір ядра,  $M$  – кількість вхідних каналів,  $N$  – кількість вихідних каналів,  $D_f$  – розмір просторової ознаки.

Тобто ми розділяємо стандартну згортку на просторову та каналну, що дозволяє суттєво зменшити кількість обчислень.

Проведене дослідження підтверджує, що впровадження полегшених нейромережових архітектур, таких як MobileNet, є ефективним рішенням для подолання проблеми апаратних обмежень у мобільних системах штучного інтелекту. Використання глибинно-роздільних згорток дозволяє скоротити кількість параметрів моделі в декілька разів без критичної втрати якості прогнозування. Це відкриває широкі перспективи для розробки енергоефективних вбудованих систем управління, здатних функціонувати в умовах автономності та обмеженої оперативної пам'яті.

**Список літератури:** 1. Howard A. G. et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. arXiv:1704.04861, doi: 10.48550/arXiv.1704.04861. 2. Sandler M. et al. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018, doi: 10.1109/CVPR.2018.00474. 3. Ma N. et al. ShuffleNet V2: Practical Guidelines for Efficient CNN Architecture Design. \*ECCV\*, 2018, doi: 10.1007/978-3-030-01264-9\_8

## КОМФОРТ ПАСАЖИРІВ ПОЇЗДА ПІД ЧАС ЙОГО РУХУ ЗАЛІЗНИЧНОЮ КОЛІЄЮ

*д-р техн. наук, проф. О.Ю. Заковоротний, асп. П.Е. Решетнікова,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Вертикальні коливання рухомого складу, що виникають під час його руху, не тільки впливають на зчеплення поїзда з рейками та зношування його складових, а й на комфорт і безпеку пасажирів вагона. Для визначення значень, на яких вертикальні прискорення стають потенційно небезпечними, а складові поїзда та рейкового шляху, які мають на них безпосередній вплив, потребують ремонту, потрібно розширити існуючі моделі руху поїзда компонентами, які виконують розрахунок рівня комфорту та плавності ходу дизель-поїзда [1 – 3].

Вченими різних країн світу було розроблено цілий ряд методів для розрахунку комфорту, кожен з яких має певні відмінності. Для використання більшості з них потребується попередня обробка цифрового сигналу, зважування його за допомогою відповідних коефіцієнтів, рівнянь, що відображають нелінійний вплив коливань на організм людини, або каскадів цифрових фільтрів.

У доповіді проведено аналіз методів оцінки комфорту та якості поїздки, а саме: метод Шперлінга, метод безперервного комфорту та стандартний метод середнього комфорту за стандартом EN 12299, представлено програмне розроблене програмне забезпечення мовою MATLAB, яке розраховує значення комфорту та плавності ходу на основі значень вертикальних прискорень вагона поїзда. На основі даних комплексної імітаційної моделі руху рухомого складу, яка враховує вертикальні коливання вагона, отримано дані вертикальних прискорень вагона під час руху поїзда стиковим шляхом з нерівностями. Проведено експерименти щодо оцінки впливу швидкості рухомого складу, параметрів його системи підвішування та нерівностей залізничної колії на плавність ходу та комфорт пасажирів.

**Список літератури:** 1. Helbig, W.; Sperling, E. Verfahren zur Beurteilung der Laufeigenschaften von Eisenbahnwagen. Organ Für Die Fortschr. Des Eisenb. 1941, 96, 177–187. 2. Sperling, E. Beitrag zur Beurteilung des Fahrkomforts in Schienenfahrzeugen. Glas. Ann. 1956, 80, 314–320. 3. EN 12299. Railway Applications. Ride Comfort for Passengers. Measurement and Evaluation; British Standard: London, UK, 2009.

## **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ГРИ У ЖАНРІ ROLE-PLAYING GAME НА ОСНОВІ ІГРОВОГО РУШІЯ UNREAL ENGINE**

*д-р техн. наук, проф. О.Ю. Заковоротний, канд. фіз.-мат. наук, проф. О.П. Черних, студ. В.О. Коломійцев, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

У сучасній ігровій індустрії створення високоякісного та технічно складного ігрового продукту, який спроможний відповідати сучасним стандартам індустрії можливо за допомогою ігрового рушія Unreal Engine. Така розробка є масштабним процесом, який поєднує візуальну складову, механіки взаємодії та систему прокачки. Інструмент Unreal Engine дозволяє створювати сучасні ігри та сцени з використанням 3D-моделей.

До особливостей використання ігрового рушія Unreal Engine (UE5) для розробки гри у жанрі Role-Playing Game (RPG) можливо віднести наступні переваги:

- графіка найвищого рівня – використання технологій Nanite та Lumen дозволяє створювати фотореалістичні світи, а також деталізованих персонажів та складні локації;

- створення складних RPG-механік – рушієм ефективно справляється з великою кількістю даних: інвентар, система квестів, діалоги, прокачка навичок (skills) та бойові системи (включаючи Action-RPG);

- візуальне програмування (Blueprints) – система Blueprints дозволяє розробляти складну ігрову логіку без написання коду на мові C++, що пришвидшує прототипування, а також дозволяє художникам та геймдизайнерам самостійно реалізовувати механіки;

- Gameplay Ability System (GAS) – Unreal Engine має вбудовану систему для створення великої кількості здібностей, ефектів та характеристик, що є основою для ігор у жанрі RPG;

- масштабованість – можливість створювати як невеликі інді-проекти, так й масштабні рольові ігри з відкритим світом;

- професійний розвиток та портфолію – розробка на UE5 є конкурентною перевагою для розробників, оскільки багато студій використовують даний рушієм для розробки масштабних (великих) ігор.

Таким чином, UE5 є сучасним інструментом для створення ігор у жанрі RPG. Він дозволяє втілити глибокий рольовий досвід з реалістичною графікою, функціонуючим ігровим оточенням та складними взаємодіями різнотипних персонажів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МРІ-ПАРАЛЕЛІЗАЦІЇ СТОХАСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

*д-р техн. наук, проф. О.Ю. Заковоротний, асп. Ю.В. Юрченко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

У рамках досліджень стохастичного моделювання фінансових часових рядів на основі стохастичних диференціальних рівнянь (SDE) було проведено порівняльний аналіз трьох моделей: класичної моделі геометричного броунівського руху (GBM), мінімальної нейронної SDE з MLP-апроксимацією дрейфу та дифузії, а також гібридної нейронної стрибково-дифузійної моделі (Neural SDE Jump-Diffusion) з пуассонівською компонентою стрибків. Обчислювальна складність є ключовим обмеженням: генерація 10 000 траєкторій методом Ейлера–Маруями для стабільної оцінки ексцесу, KS-тесту та CRPS потребує значного часу. У роботі досліджено ефективність паралелізації стохастичних симуляцій з використанням стандарту Message Passing Interface (MPI), який за класифікацією обчислювальних архітектур Флінна належить до класу MIMD. Розроблено паралельний варіант програми [2] із використанням бібліотеки MPI for Python (mpi4py) – розпаралелена симуляційна частина обчислень. Експерименти на кластері (Intel Core i5-2520M, 1–4 вузли) продемонстрували близьке до лінійного масштабування: час виконання Neural SDE та Jump-Diffusion скоротився приблизно в 4 рази порівняно з одновузловим запуском.

Таблиця 1. Результати експерименту з прискорення обчислень стохастичних моделей

Середній час виконання (по 0 запусках), с	модель GBM, с	$T_n / T_{n+1}$	Minimal Neural SDE, с	$T_n / T_{n+1}$	Neural SDE Jump-Diffusion, с	speedup (n+1)/n
1 вузол	70	1	3969	1,00	3967	1
2 вузла	35	2,00	2043	1,94	2039	1,95
3 вузла	23	1,52	1355	1,51	1355	1,50
4 вузла	18	1,28	998	1,36	997	1,36
Прискор.відн. 1 вузла		3,89		3,98		3,98

Отриманий результат пояснюється тим, що основний обсяг обчислень припадає на масове незалежне генерування траєкторій, яке добре піддається МРІ-паралелізації. Запропонований підхід відкриває перспективи масштабування на більш складніші нейро-стохастичні моделі. Дослідження підтверджує високу ефективність поєднання нейронних SDE-моделей з МРІ-паралелізацією для стохастичного моделювання фінансових процесів.

- Список літератури:** 1. Кушнір Н.Я., Токарева К.А. Моделювання часових рядів фінансових даних: рентабельність активів / Н.Я. Кушнір, К.А. Токарева // *Technology audit and production reserves*. – 2019. – № 5 (2 (49)). – С. 50–55. – <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.183868>.
2. Програмний код досліджень і результати симуляції, URL: [https://github.com/u75u275/IUSHU\\_2026\\_MPI.git](https://github.com/u75u275/IUSHU_2026_MPI.git)
3. Hinds P. D., Tretyakov M. V. Neural variance reduction for stochastic differential equations // *Journal of Computational Finance*. – 2023. – Vol. 27, No. 3. – P. 1–35. URL: <https://doi.org/10.21314/JCF.2023.010>

## КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ УМОВНОГО ЕКСТРЕМУМУ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА

канд. техн. наук, проф. М.Й. Заповольський, канд. техн. наук, доц. М.В. Мезенцев, асп. М.В. Оліфір, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

Задачі знаходження екстремумів функцій і функціоналів є фундаментальними в теорії оптимізації та керування складними технічними об'єктами. Особливе місце серед них займають задачі умовного екстремуму, що враховують наявність обмежень у вигляді алгебраїчних або диференціальних співвідношень. Для їх розв'язання широко застосовуються методи варіаційного числення, зокрема метод невизначених множників Лагранжа [1], який дозволяє перейти від задачі умовного екстремуму до задачі знаходження екстремалей розширеного функціонала.

Розглядається задача мінімізації функціонала вигляду

$$J(x(\cdot)) = \int_{t_0}^{t_1} f(t, x(t), x'(t)) dt \rightarrow \text{extr} \quad (1)$$

у класі векторних функцій (фазових обмежень), які задовольняють умові

$$(\Phi_j(t, x(t), x'(t))) = 0, j = 1, \dots, m, x(t_0) = x_0, x(t_1) = x_1. \quad (2)$$

Рішення базується на тому, що умовний екстремум у задачі (1), (2) досягається на кривих, які є екстремалами функціонала

$$G(x(\cdot), \lambda(\cdot), \lambda_0) = \int_{t_0}^{t_1} L(t, x(t), x'(t), \lambda(t), \lambda_0) dt, \quad (3)$$

$$L(t, x(t), x'(t), \lambda(t), \lambda_0) = \lambda_0 f(t, x(t), x'(t)) + \sum_{j=1}^m (\lambda_j \Phi_j(t, x(t), x'(t))), \quad (4)$$

Використання методу Лагранжа дозволяє сформулювати розширений функціонал, у якому обмеження враховуються шляхом введення множників Лагранжа, а необхідні умови екстремуму визначаються системою рівнянь Ейлера–Лагранжа. Розв'язок задачі зводиться до знаходження стаціонарних точок відповідного функціонала за умови нетривіальності множників Лагранжа.

Запропонований підхід було застосовано для задачі синтезу оптимального керування тяговим електроприводом змінного струму дизель-поїзда в режимі розгону [2]. Як критерій оптимальності використано мінімізацію енергетичних витрат, представлених інтегральною залежністю квадрата керуючих впливів. Фазові обмеження задано математичною моделлю тягового електроприводу в синхронній системі координат, яка описується системою нелінійних диференціальних рівнянь п'ятого порядку. У результаті застосування методу отримано

розширену систему нелінійних диференціальних рівнянь десятого порядку, що описує динаміку як фазових змінних, так і множників Лагранжа.

Оскільки аналітичне розв'язання такої системи є ускладненим, для її дослідження було використано чисельне моделювання в середовищі MATLAB/Simulink. Множники Лагранжа визначалися комбінованим способом: початкові оцінки отримувалися емпірично, після чого уточнювалися за допомогою чисельних методів оптимізації. У результаті отримано аналітичні залежності оптимальних керувань у вигляді функцій фазових координат і множників Лагранжа.

У сучасних умовах системи керування тяговими електроприводами базуються на мікропроцесорних платформах, що забезпечують можливість реалізації алгоритмів оптимального керування в реальному часі. Запропонований алгоритм може бути інтегрований у структуру керування у вигляді окремого функціонального модуля, який формує оптимальні керуючі впливи на основі поточних значень фазових змінних. Реалізація такого модуля передбачає використання промислових мікроконтролерів з підтримкою обчислень з плаваючою комою, а також застосування високошвидкісних інтерфейсів обміну даними з силовими перетворювачами. У процесі роботи мікроконтролер здійснює безперервне зчитування параметрів стану електроприводу (струмів, напруг, швидкості обертання), після чого в режимі реального часу обчислює оптимальне керування відповідно до отриманих аналітичних залежностей. Далі формується керуючий сигнал для інвертора у вигляді широтно-імпульсної модуляції. Таким чином, реалізується замкнена система керування з оптимізаційним контуром, який доповнює традиційні регулятори струму та швидкості.

Використання запропонованого підходу як комп'ютерного компонента системи керування дозволяє підвищити енергоефективність тягового електроприводу, зменшити втрати електроенергії та забезпечити адаптацію до змін експлуатаційних умов, зокрема змін маси поїзда та режимів навантаження. Крім того, програмна реалізація алгоритму створює передумови для подальшого розвитку інтелектуальних систем керування з використанням адаптивних та нейромережевих методів.

**Список літератури:** 1. Моклячук М.П. Збірник задач із варіаційного числення та методів оптимізації. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2014. – 256 с. 2. Заполовський М.Й., Мезенцев М.В., Баленко О.І., Оліфір М.В. Оптимізаційна модель тягового асинхронного електроприводу дизель-поїзда та її дослідження // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2023. – №3. – С. 45–53.

## СИСТЕМА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕШУВАННЯ ТА СИНХРОНІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНОГО СТАНУ ДАНИХ

*канд. техн. наук, проф. М.Й. Заповловський, магістр В.Р. Юшко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

В процесі розроблення проєктів при використанні сучасних веб-технологій одне із важливих питань – питання організації локального стану на стороні клієнта з метою оптимізації продуктивності й керованості даних.

Мета дослідження – отримання універсального інструменту для керування локальним станом в процесі розроблення системи інтелектуального кешування та синхронізації для проєктування вебзастосунків.

Розроблена система у вигляді бібліотеки побудована на принципі модульних сховищ сутностей: для кожного типу даних створюється окреме ізольоване сховище за допомогою функції `createChimeraEntityStore`, що інкапсулює конфігурацію, методи доступу до даних та реактивний механізм оновлень [1]. Chimera Store надає вбудовані адаптери для інтеграції з React та Vue, а також дозволяє створювати власні адаптери відповідно до потреб конкретного проєкту. Основні особливості бібліотеки: модульна архітектура з окремими сховищами для кожної сутності; кросплатформна реактивність із внутрішнім механізмом подій для відстеження та актуалізації стану; система фільтрації з підтримкою вкладених умов; підтримка запитів для декларативного формування фільтрів та порядкування із можливістю використання власної реалізації; можливість оновлення даних із автоматичним відновленням у разі помилки.

Бібліотека написана з використанням TypeScript [2]. Для спрощення контролю над версіями та стандартизації процесу розгортання, використовується інструмент `changesets`. Пакетний менеджер `pnpm` дозволяє пришвидшити встановлення залежностей та оптимізувати роботу з бібліотеками для розробки.

В результаті досліджень створено систему інтелектуального кешування та синхронізації для керування локальним станом, який є самодостатнім і може легко інтегруватися у будь-яку екосистему в процесі проєктування.

**Список літератури:** 1. Zustand – Bear necessities for state management in React [Електронний ресурс] URL:<https://github.com/pmndrs/zustand>. 2. TypeScript – JavaScript With Syntax For Types [Електронний ресурс] URL:<https://www.typescriptlang.org>.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЮВАННЯ ПОКРИТТІВ**

*асп. Р.С. Іпатов, канд. техн. наук, доц. О.В. Шорінов, канд. техн. наук, доц. В.В. Третьак, Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", м.Харків*

Технологія холодного газодинамічного напилювання (ХГН) є одним із найперспективніших методів відновлення та зміцнення деталей авіаційної техніки, оскільки дозволяє отримувати покриття без термічного впливу на основу. Проте забезпечення високої якості покриття вимагає прецизійного контролю кінетичної та термічної енергії частинок у момент зіткнення, що безпосередньо залежить від параметрів робочого газу та геометрії сопла. Складність і багатофакторність процесів прискорення частинок роблять традиційний експериментальний підхід до пошуку оптимальних режимів надзвичайно трудомістким та дорогавартісним.

Необхідність автоматизації призначення режимів напилювання зумовлена обмеженнями існуючих методів проектування. Хоча чисельне моделювання (CFD) забезпечує високу точність, воно потребує значних обчислювальних ресурсів та специфічних експертних знань. Водночас спрощені аналітичні моделі часто не враховують реальну газодинаміку – в'язкість, турбулентність та ефекти ежекції, що призводить до суттєвих похибок у прогнозуванні швидкості (до 50%) та температури частинок. Автоматизація дозволяє інтегрувати уточнені математичні моделі з поправочними коефіцієнтами, отриманими на основі CFD-даних, у єдині алгоритми проектування.

Впровадження автоматизованих систем дозволяє не лише прискорити процес підготовки виробництва, а й забезпечити стабільність технологічного процесу. Наприклад, автоматичне регулювання потужності нагрівача залежно від витрати газу дозволяє підтримувати задану температуру потоку, що є критичним для забезпечення адгезійної міцності та мікротвердості покриттів. Створення бази для автоматизованих алгоритмів проектування надзвукових сопел відкриває шлях до оперативного призначення раціональних режимів напилювання без необхідності проведення повторних високовартісних симуляцій чи тривалих натурних випробувань.

## **ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

*канд. техн. наук, доц. В.В. Калініченко, магістр П.Р. Короття,  
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

Важливою проблемою сучасного машинобудування є раціональне використання енергії у виробництві. Звідси актуальним є створення енергоефективних виробничих систем механічної обробки (ВСМО) на базі широкого використання можливостей сучасних верстатних комплексів з ЧПК. Комплексний критерій вибору варіанту проектного рішення ВСМО має враховувати енергетичну складову, пов'язану з величиною енерговитрат при реалізації виробничих процесів.

При створенні енергоефективних ВСМО можуть знайти своє втілення рішення, спрямовані як на використання енергоефективного верстатного обладнання, так і на вибір енергоефективних умов та параметрів процесу обробки (ПО). При виборі верстатного обладнання слід віддавати перевагу моделям верстатів, що мають нижчий рівень втрат енергії у механічній і електричній частинах верстатних приводів. За потреби передбачають модернізацію верстатних приводів з метою зниження цих втрат енергії. Перспективними можуть бути також оснащення верстатів системами автоматизованого моніторингу втрат енергії у верстатних приводах та рекупераційними системами.

Пошук енергоефективних умов і параметрів ПО, що відповідають мінімуму питомих витрат енергії на перебіг фізичних процесів у зоні різання, здійснюється при вирішенні відповідної оптимізаційної задачі. Найперспективнішою є оптимізація за результатами аналізу даних діагностики ПО, отриманих у реальному часі відповідними датчиками. Сучасні системи ЧПК на базі промислових комп'ютерів дозволяють встановлення додаткових програмних продуктів і апаратних засобів, а також інтеграцію до локальної (глобальної) комп'ютерної мережі. Це дозволяє організувати у межах створюваної ВСМО (цеху, дільниці, ГВС) комплексну діагностику ПО на різних верстатах з подальшим регресійним аналізом результатів діагностики і отриманням моделей для визначення енергоефективних режимів обробки. Накопичення результатів аналізу даних діагностики ПО дає можливість створити базу знань про обробку. Для збирання та аналізу даних діагностики ПО створюється самонавчальна система (СНС), що може забезпечити аналіз діагностичних даних з усіх верстатних комплексів ВСМО.

Додатково передбачають заходи з автоматизованого моніторингу та зниження втрат енергії у допоміжних підсистемах ВСМО.

## TRANSFORMER-BASED TTP DETECTION MODEL

*PhD student A.Y. Karimova, Azerbaijan Technical University, Azerbaijan, Baku*

**Introduction.** Cyber threat detection systems are of great strategic importance due to the increasing scale of attack vectors in the digital transformation environment. The heterogeneous nature of data in the field of cyber threat intelligence necessitates the application of artificial intelligence-based approaches for the automatic detection of TTPs. Therefore, the application of transformer-based models provides adaptive solutions for more accurate and early detection of cyber threats. Thus, the purpose of this research work is to develop a transformer-based model that can detect malicious behavioral activities on system logs, event streams, and network traffic. The proposed approach provides TTP identification in accordance with the MITRE ATT&CK standard, taking into account both contextual information and time sequence [1, 2].

**Data collection and preparation.** The research will use structured and semi-structured system logs, network traffic logs, and security events from various sources. Open sources such as datasets (e.g. CICIDS, UNSW-NB15) and synthetically generated attack scenarios will be applied. Data pre-processing includes stages such as tokenization and normalization, presentation of events in the form of a sequence, segmentation by time windows, and labeling.

**Model architecture.** The proposed model is based on the transformer-based sequence analysis approach. BERT or RoBERTa architecture is selected as the main model and fine-tuned according to the security domain. The model will be trained using supervised learning and transfer learning approaches. The class imbalance problem will be solved with weighted loss or focal loss.

**Evaluation and experiments.** The model will be evaluated using precision, recall, F1-score, hamming loss metrics. The model will be integrated into a real-time operating system.

The proposed methodology aims to increase the effectiveness of TTP detection by using the strengths of transformer models.

**References:** 1. Kheddar, H., Transformers and Large Language Models for Efficient Intrusion Detection Systems // *A Comprehensive Survey*, 2024. 2. Santoso, J. T., Hartono, B., Silalahi, F. D., & Muthohir, M., Transformers in Cybersecurity: Advancing Threat Detection and Response through Machine Learning Architectures // *Journal of Technology Informatics and Engineering*, 3(3), 382,2024.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МЕДИЧНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я ТВАРИН**

*асп. Д.С. Карлов, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків; д-р техн. наук, проф. С.Г. Семенов, Університет комісії національної освіти, м. Краків*

Традиційне візуальне спостереження у ветеринарії є суб'єктивним і часто не здатне своєчасно виявити ранні ознаки захворювань у великих стадах, що призводить до значних економічних втрат. Для вирішення цієї проблеми пропонується інтелектуальна медична система підтримки прийняття рішень (МСППР) на основі IoT-телеметрії [1].

Основною системи є нова математична модель із використанням складеної метрики Deviation Score (DS). На відміну від стандартних порогових підходів, DS інтегрує статистичне відхилення, показник Херста та статистику BDS. Такий багатовимірний аналіз фізіологічних часових рядів дозволяє виявляти тонкі структурні зміни в поведінці тварин ще до появи перших клінічних симптомів.

Для адаптації складної телеметрії до потреб ветеринарної практики МСППР застосовує алгоритм Random Forest Regressor, синтезуючи дані у єдиний індекс «Wellness Score» (від 0 до 100). Завдяки інтеграції методів Explainable AI, система перетворює математичні відхилення на дієві висновки [2]. Вона точно ідентифікує фактори ризику, наприклад, зниження жувальної активності, що спричиняють погіршення здоров'я.

Виявляючи загрози на ранніх етапах, система забезпечує перехід від реактивної до симптоматичної ветеринарної допомоги, що мінімізує поширення хвороб та суттєво знижує витрати господарства.

**Список літератури:** 1. Bhattacharya, A., De, D., & Bardhan, R. Internet of Things in Agricultural Innovation and Security. (2020). Springer, 250-254. 2. W. A. Jabbar et al., "LoRaWAN-Based IoT System Implementation for Smart Livestock Monitoring," in IEEE Access, vol. 9, pp. 60520-60538, 2021.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ВАЖКИХ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ З МЕХАТРОННИМИ МОДУЛЯМИ**

*д-р техн. наук, проф. Г.П. Клименко, асп. Є.О. Рєва, бакалавр О.В. Жила, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

У сучасному машинобудуванні важкі металорізальні верстати (обробка великогабаритних та високонавантажених деталей) характеризуються підвищеною енергоємністю, значними силовими навантаженнями та складною динамікою процесів різання. Це обумовлює необхідність використання математичних методів моделювання та автоматизованого управління технологічними процесами.

Як показано у дослідженнях, режими різання є ключовим фактором, що визначає продуктивність, собівартість та надійність обробки, причому їх оптимізація має нелінійний характер і належить до задач багатовимірного програмування. Для важких верстатів ця проблема ускладнюється змінністю навантаження вздовж траєкторії інструмента, що вимагає переходу від стаціонарних моделей до нестаціонарних. Відповідно до сучасних підходів, аналітично заданий контур деталі дискретизується на ділянки, в межах яких параметри різання вважаються сталими. Це дозволяє сформувати адитивні моделі економічних критеріїв: собівартості, продуктивності, прибутку. Задача оптимізації тоді зводиться до багатовимірної задачі нелінійного програмування з урахуванням обмежень (потужність, шорсткість, жорсткість системи). Для важких верстатів запропоновано алгоритм автоматизованого управління режимами, що базується на: адаптивній дискретизації траєкторії; методі «ковзання по лінії екстремуму»; інтеграції моделей з ЧПУ системами. Автоматизація реалізується через замкнений контур керування, де: виконується моделювання навантаження; розраховуються оптимальні режими; здійснюється їх корекція в реальному часі.

Такий підхід дозволяє перейти від емпіричного призначення режимів до інтелектуального керування процесом різання, що особливо важливо для важких верстатів, де помилки призводять до значних економічних втрат. Результати показують, що використання математичного моделювання та автоматизації забезпечує: зниження собівартості обробки; підвищення продуктивності; стабілізацію якості обробки; ефективне використання мехатронних модулів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОРЦІОНУВАННЯ NOSQL БАЗ ДАНИХ

*асп. Б.І. Ковалевич, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Попередні дослідження методів порціонування NoSQL баз даних засвідчили суттєву відмінність у їхній поведінці залежно від типу навантаження та характеристик даних [1, 2]. Проте порівняльний аналіз цих методів ускладнюється відсутністю єдиних критеріїв оцінки ефективності, що й визначає актуальність даного дослідження.

У рамках теоретичної частини дослідження розроблено систему критеріїв оцінки ефективності методів порціонування для великих обсягів даних. До запропонованих критеріїв належать: рівномірність розподілу навантаження між вузлами кластера, латентність операцій читання та запису при зростанні обсягу даних, витрати на балансування партицій. Критерії враховують специфіку консистентного хешування [3].

Для верифікації критеріїв розроблено аналітичну модель поведінки NoSQL при різних методах порціонування в умовах високого навантаження для Cassandra та MongoDB [4, 5].

Експериментальна частина роботи передбачає розробку тестової платформи для вимірювання продуктивності методів порціонування на реальних наборах даних. Платформа реалізована на основі інструменту Cloud Serving Benchmark з розширеними сценаріями навантаження. Проведено тести для 3 стратегій порціонування: хешового, діапазонного, складеного. Результати підтверджують теоретичні критерії: рівномірне навантаження і хешове порціонування забезпечує на 13–18% вищу пропускну здатність, а для аналітичних запитів переважає діапазонний підхід. Розроблені критерії та експериментальна платформа формують методологічну основу для вибору стратегії порціонування в розподілених NoSQL системах залежно від профілю навантаження.

**Список літератури:** 1. Chang F., Dean J., Ghemawat S. et al. Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data – Seattle, WA, USA, 2006. – с. 205–218 2. DeCandia G., Hastorun D., Jampani M. et al. Dynamo – Stevenson, WA, USA, 2007. – с. 205–220 3. Feng D., Li J., Fu L., Hu S. Enhancing Storage Efficiency and Performance: A Survey of Data Partitioning Techniques // Journal of Computer Science and Technology. – 2024. – Vol. 39. – P. 1–24. DOI: 10.1007/s11390-024-2556-0. 4. Iftikhar M., Ahmad R.W., Gani A. et al. A Comprehensive Study of HBase Storage Architecture // Symmetry. – 2021. – Vol. 13, No. 10. – P. 1909. DOI: 10.3390/sym13101909. 5. Lakshman A., Malik P. Cassandra: A Decentralized Structured Storage System // ACM SIGOPS Operating Systems Review. – 2010. – Vol. 44, No. 2. – С. 35–40.

## **РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ PYTHON**

*магістр П.А. Ковальов, м. Харків*

Стрімкий розвиток електромобільного транспорту, розширення мережі зарядних станцій та зростання навантаження на електроенергетичну інфраструктуру зумовлюють необхідність удосконалення підходів до керування процесами заряджання електромобілів. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється оптимальному плануванню заряджання, врахуванню тарифних механізмів, балансуванню навантаження, інтеграції відновлюваних джерел енергії та підвищенню стійкості зарядної інфраструктури до мережевих обмежень [1–4]. Разом із тим зберігається потреба у створенні комплексних програмно-алгоритмічних рішень, які б поєднували функції моніторингу, прогнозування та оптимізації в єдиній інтелектуальній системі.

Актуальність теми дисертаційного дослідження полягає у необхідності розроблення інтелектуальної системи, здатної забезпечувати збір, обробку та аналіз даних щодо параметрів зарядної інфраструктури, прогнозування попиту на заряджання, а також адаптивне керування режимами роботи зарядних пристроїв з урахуванням обмежень локальної електромережі. Особливого значення зазначена проблематика набуває в умовах нестабільного електропостачання, коли система повинна враховувати планові та аварійні відключення, нерівномірність навантаження, дефіцит доступної потужності та пріоритетність окремих користувачів. У новітніх оглядових і прикладних працях наголошується, що саме поєднання прогнозних моделей, алгоритмів оптимізації та інтелектуального керування є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку зарядної інфраструктури електромобілів [2–4].

Метою дослідження є розроблення теоретичних засад, математичних моделей, алгоритмів та програмних засобів побудови інтелектуальної системи моніторингу та оптимізації режимів заряджання електромобілів на основі Python. Для досягнення поставленої мети передбачається розв'язання таких завдань: аналіз сучасного стану наукових досліджень у сфері керування процесами заряджання електромобілів; формалізація процесів функціонування локальної зарядної мережі; розроблення моделей прогнозування попиту на заряджання; побудова алгоритмів оптимізації режимів заряджання з урахуванням технічних і часових обмежень; створення програмної архітектури системи моніторингу та підтримки прийняття рішень; визначення критеріїв оцінювання ефективності запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процеси моніторингу, прогнозування та керування режимами заряджання електромобілів у локальних зарядних мережах. Предметом дослідження є методи, моделі, алгоритми та програмні засоби побудови інтелектуальної системи моніторингу й оптимізації режимів заряджання електромобілів на Python. Використання Python є обґрунтованим, оскільки офіційна документація та екосистема мови підтверджують її придатність для наукових обчислень, аналізу даних, моделювання та створення інженерних програмних застосунків [5; 6].

Наукова новизна дослідження може полягати у розробленні комплексного Python-орієнтованого підходу до побудови інтелектуальної системи, яка інтегрує модулі моніторингу стану зарядної інфраструктури, прогнозування попиту на заряджання та оптимізації графіків заряджання в умовах обмеженої потужності й нестабільного електропостачання. Практичне значення очікуваних результатів полягає у можливості створення програмного прототипу системи, придатного для використання у локальних зарядних мережах, дослідницьких лабораторіях, навчальному процесі та прикладних енергетичних системах. [1–4].

**Список літератури:** 1. Amin A., Ahmad F., Alam M. S. *A Review of Optimal Charging Strategy for Electric Vehicles under Dynamic Pricing Schemes*. Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 23. 2. Motlagh S. G., Zareipour H., Habibi S., et al. *A review on electric vehicle charging station operation with market and grid interactions*. Applied Energy. 2025. 3. Si C., et al. *Optimal scheduling for electric vehicle charging: A review*. Environmental and Sustainability Indicators. 2025. 4. Ranjbar M., et al. *Intelligent electric vehicle charging infrastructure*. Smart Energy. 2026. 5. Python Software Foundation. *Our Documentation*. Python.org. 6. Python Software Foundation. *Applications for Python*. Python.org.

## **АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ РІЗАННЯ НА ВАЖКИХ ВЕРСТАТАХ**

*д-р техн. наук, проф. В.Д. Ковальов, канд. техн. наук, доц. М.В. Шаповалов, асп. М.К. Шаповалов, асп. В.В. Чуйко, бакалавр В.П. Чумаченко, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

Розроблено систему автоматизованого управління процесом різання на важкому токарному верстаті з ЧПК, яка дозволяла адаптивно змінювати режими обробки в залежності від поточного стану технологічної системи.

Система базується на математичній моделі процесу різання, що враховувала взаємозв'язок між швидкістю різання, подачею, глибиною різання та вихідними параметрами - силами різання, температурою і зносом інструменту.

У рамках реалізації було використано методи багатофакторного аналізу та регресійного моделювання для ідентифікації параметрів процесу, а також критерії подібності для узагальнення результатів. Алгоритм управління реалізовував принцип адаптивного регулювання із зворотним зв'язком за силою різання та вібраціями, що вимірювалися в реальному часі за допомогою датчиків. На основі отриманих даних система виконує корекцію швидкості різання та подачі з метою підтримання оптимального режиму.

Програмна реалізація була інтегрована у систему ЧПК та забезпечувала онлайн-обробку сигналів і прийняття керуючих рішень. Додатково застосовувалися елементи інтелектуального аналізу даних для прогнозування зносу інструменту та запобігання аварійним режимам роботи.

Практичне впровадження системи показало підвищення стабільності процесу обробки, зниження інтенсивності зносу інструменту та покращення якості поверхні деталей.

Запропонований підхід дозволив підвищити ефективність використання обладнання та знизити витрати виробництва, що підтверджує доцільність застосування адаптивних та інтелектуальних методів управління процесом різання на важких верстатах.

## СТЕРЕО-АДАПТОВАНА ГЕНЕРАЦІЯ КЛАСТЕРІВ ДЛЯ ВІДСІКАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ПРИ РЕНДЕРИНГУ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

*асп. Н.А. Ковальова, д-р техн. наук, проф. Г.Є. Філатова,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

У сучасних системах рендерингу кластеризація геометрії є ключовим етапом підготовки даних високополігональних моделей під оптимізацію, що дозволяє перейти від обробки окремих трикутників до обробки компактних груп примітивів (кластерів) і таким чином істотно знизити обчислювальну складність задачі видимості та рендерингу. У класичному (моноскопічному) випадку кластеризація формулюється як задача розбиття графа трикутників на підграфи обмеженого розміру з оптимізацією геометричних та топологічних властивостей кластерів.

У випадку віртуальної реальності ця задача ускладнюється необхідністю врахування двох точок спостереження для лівого та правого ока, що створює додаткові вимоги до стабільності та узгодженості кластерів.

У доповіді розглядаються можливі адаптації кластеризації геометрії для випадку віртуальної реальності, де рендеринг відбувається для двох камер, що мають невеликий базис (interupillary distance).

Для адаптації кластеризації під віртуальну реальність вводиться розширена функція вартості, де геометрична складова залишається такою ж як у класичному випадку, а додатковий параметр projection penalty оцінює зміну екранного розміру кластера в обох очах і гарантує, що кластер не стає занадто великим для будь-якого ока.

Описана кластеризація є природним узагальненням класичної генерації кластерів, де враховується не лише геометрична компактність, але й стабільність відносно бінокулярного сприйняття. Основний принцип полягає в мінімізації найгіршого випадку між очима та уникненні ситуацій, що можуть призвести до візуальних артефактів.

**Список літератури:** 1. *Akenine-Möller T. Real-Time Rendering / T. Akenine-Möller, E. Haines, N. Hoffman. – 4th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 1045 p.* 2. *de Berg M. Computational Geometry: Algorithms and Applications / M. de Berg, O. Cheong, M. van Kreveld, M. Overmars. – 3rd ed. – Berlin: Springer, 2008. – 386 p.* 3. *Karis B. Nanite: Virtualized Geometry / B. Karis, G. Wihlidal / Proceedings of SIGGRAPH 2021. – New York: ACM, 2021. – P. 1–14.*

## **МЕТОД КОРИГУВАННЯ МАРШРУТУ ПОЛЬОТУ ГРУПИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ**

*д-р техн. наук, проф. О.В. Коломійцев, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; канд. техн. наук В.В. Пустоваров, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків; асп. І.С. Рудаков, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Планування траєкторії польоту групи безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у міській забудові від заданої початкової точки до кінцевої точки у просторі з перешкодами. Перешкоди можуть бути стаціонарними та динамічними, що змінюються у часі. Такі перешкоди важко точно змодельовати, що вимагає корекції траєкторії руху групи БпЛА під час польоту. Коригування траєкторії руху групи БпЛА забезпечує їх безпеку польоту у реальному масштабі часу за різними умовами навколишнього середовища. Планування траєкторій, що можуть бути скориговані, вимагає складних обчислень та займає на це багато часу, що не є допустимим для групи БпЛА з точки зору як безпеки, так й енергоефективності. Таким чином, розробка методу коригування маршруту польоту групи БпЛА на основі алгоритмів навчання з підкріпленням є актуальною науковою задачею.

В доповіді представлено метод коригування маршруту польоту групи БпЛА. Метод оснований на алгоритмі навчання з підкріпленням, що адаптивно враховує як статичні, так і динамічні перешкоди. На відміну від відомих методів до обходу перешкод, розроблений метод забезпечує єдиний підхід для роботи з різномірним оточенням у міській забудові. Алгоритм навчання з підкріпленням автоматично виробляє стратегію ухилення групи БпЛА, не потребуючи явних правил для кожного типу перешкод.

Метод дозволяє групі БпЛА у режимі реального часу від заданої початкової точки до кінцевої точки коригувати свій маршрут польоту у непередбачуваних ситуаціях, демонструючи здатність до самостійного навчання на основі накопиченого досвіду взаємодії із середовищем.

**Список літератури:** 1. Рудаков І.С. Метод та модель коригування маршруту польоту групи безпілотних літальних апаратів для уникнення перешкод у міській забудові на основі підходів навчання з підкріпленням. *Системи обробки інформації*. 2026. – Вип. №1(184). – С. 91-99. doi: 10.30748/soi.2026.184.09. 2. Коломійцев О.В., Рудаков І.С., Дмитрієв О.М. та ін. Удосконалений метод планування траєкторій польоту безпілотного літального апарату з проактивним уникненням зіткнень з перешкодами у міській забудові. *ГРААЛЬ НАУКИ: міжнар. наук. журнал*. – Вінниця: ГО "Європейська наукова платформа"; НУ "Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці", 2025. – No 56. – С. 382-397. – DOI 10.36074/grail-of-science.19.09.2025.

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ГЛИБИННОГО АВТОЕНКОДЕРА З КЛАСТЕРИЗАЦІЄЮ ОЗНАК**

*д-р техн. наук, проф. О.В. Коломійцев, асп. О.Ю. Слободяник, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Відомі компанії по всьому світу використовують сучасні досягнення штучного інтелекту (ШІ) для автоматизації процесів управління, аналізу великих об'ємів даних, роботи з клієнтами, прогнозування ринкових трендів тощо. Тому, ШІ застосовується у інформаційних технологіях, кібербезпеці та маркетинговій аналітиці, клієнтському сервісі, виробництві, створенні нових продуктів тощо, а також – у об'єктах критичної інфраструктури для контролю та перерозподілу електроенергії. При цьому, складності набуває аналіз режимів електроенергії та подій за відсутності повної розмітки, при наявності шумів, пропусків, дрейфу характеристик та змішаних причин відхилень. Практична експлуатація систем моніторингу електроенергії вимагає не лише високої точності детектування, а й інтерпретованості результатів, а також надійної експериментальної валідації, узгодженої з часовою природою даних.

Таким чином, удосконалення методу глибинного автоенкодера з кластеризацією ознак є актуальною науковою задачею.

В доповіді представлено удосконалений метод глибинного навчання для автоматизованого виявлення типових шаблонів у PQ-даних (даних показників якості електроенергії). Удосконалення методу полягає у поєднанні глибинного автоенкодера для автоматичного виділення ознак із великих масивів вимірювань електроенергії та подальшу кластеризацію отриманих ознак для групування схожих добових варіацій її показників якості. Метод працює у режимі навчання без учителя. Він не потребує розмічених даних електроенергії та здатний виявляти як приховані закономірності, так і типові профілі змін показників напруги або струму. Доведено сутність методу.

Розкрито етапи попередньої обробки даних та нормалізації, навчання автоенкодера, алгоритму кластеризації ознак, а також підходів до інтерпретації отриманих результатів. Наведено варіанти застосування методу до PQ Big Data – великого масиву реальних даних про якість електроенергії – для виявлення характерних шаблонів добових варіацій. Представлено специфіку постановки задачі пошуку шаблонів, описано вхідні дані та експериментальні налаштування.

**Список літератури:** 1. Коломійцев О.В., Пустоваров В.В., Бреславец Ю.В. Модель аналізу даних про показники електроенергії з використанням алгоритмів машинного навчання. Міжнародна науково-практична конференція. Енергетичний фронт: шостий театр воєнних дій: стратегія захисту, управління та відновлення. 27 березня 2026 року. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2026. – С. 61-62.

## **ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КАЛІБРУВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНОГО ІНСТРУМЕНТУ**

*канд. техн. наук, доц. Г.Л. Комарова, здобувач Ю.О. Чередніченко  
Український державний університет залізничного транспорту;  
Д.М. Сергєєв, ПНВП "МІКРОТЕХ" м. Харків; канд. економ. наук  
С.Б. Крамаренко, ПНУ "МНУ цифровізації та технологій штучного  
інтелекту", м. Київ*

Цифрова трансформація метрології вимагає впровадження інтелектуальних систем, здатних не лише фіксувати дані, а й активно керувати процесом підтвердження відповідності. У контексті ПНВП "МІКРОТЕХ", де калібрування нутромірів є багатофакторним процесом, використання штучного інтелекту (ШІ) стає базовим інструментом побудови прецизійних керуючих систем, що забезпечують перехід до адаптивного управління вимірюваннями.

Ключовим елементом технології є неймережевий модуль, інтегрований у систему управління метрологічними роботами для автоматизованого опрацювання великих масивів даних. Архітектура мережі реалізує динамічне коригування похибок, аналізуючи в реальному часі параметри довкілля та конструктивні особливості нутроміра. Це дозволяє автоматично формувати поправки, суттєво підвищуючи точність результату без втручання оператора.

Важливим аспектом є впровадження алгоритмів інтелектуальної верифікації. Система на базі ШІ діє як експертний фільтр, що ідентифікує аномалії та грубі помилки під час збору інформації. Це гарантує достовірність даних в електронних сертифікатах і простежуваність згідно з ДСТУ EN ISO/IEC 17025. Інтегровані байєсівські методи дозволяють автоматично розраховувати бюджет невизначеності, адаптуючи його до специфіки конкретного приладу. Перспективним напрямом є предиктивна аналітика: накопичуючи дані про дрейф характеристик, ШІ формує прогнозні моделі надійності інструменту. Це оптимізує міжкалібрувальні інтервали через індивідуальні графіки обслуговування. Такий підхід трансформує метрологічну службу у високоефективну керуючу систему, що мінімізує витрати та ризики випуску невідповідної продукції.

Отже, поєднання методики калібрування з машинним навчання та предиктивною аналітикою перетворює метрологічне підтвердження на високотехнологічний процес. Запропонований підхід відповідає вимогам стандарту ISO/IEC 17025 щодо валідації методів та закладає фундамент для створення "розумних" лабораторій у цифровому просторі сучасного виробництва.

## **IMPROVING A COMPUTER-INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR MUNICIPAL WASTE COMBUSTION IN AN INDUSTRIAL FURNACE**

*postgraduate student V.M. Komusii, PhD, associate prof. L.I. Feshanych, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk*

Municipal solid waste combustion in an industrial furnace is difficult to stabilize because the fuel composition changes from batch to batch. Variations in moisture content and heating value, combined with the large thermal inertia of the furnace and gas path, lead to fluctuations in temperature, excess oxygen, draft, and carbon monoxide concentration. As a result, conventional PID-based control may fail to ensure both high energy efficiency and stable compliance with environmental requirements.

The proposed approach is based on coordinated regulation of the *waste feed-air supply-draft* loops within a computer-integrated control system. It combines cascade control, compensation of measurable disturbances using signals of O<sub>2</sub>, CO, temperature, and draft, and an observer for online estimation of the effective thermal load. This structure makes it possible to react faster to abrupt changes in waste properties and to maintain a more balanced combustion regime.

Special attention is paid to technological constraints that must be considered during controller synthesis, including limits on air-flow rate and its rate of change, acceptable excess-oxygen ranges, and allowable CO thresholds. Signal filtering and constraint-handling logic are introduced to reduce overshoot and prevent unstable operating modes during transient conditions.

The study also substantiates the integration of field-level instrumentation with a SCADA/IIoT layer for data archiving, trend analysis, diagnostics, and operator support. Simple performance indicators, such as combustion instability and excessive air use, can improve situational awareness and facilitate decision-making in real time. Simulation results show a smoother temperature profile, smaller excess oxygen oscillations, and lower peak CO values compared with baseline PID settings. The proposed solutions can be used to modernize existing waste incineration furnaces and to design new automation systems that simultaneously improve reliability, energy efficiency, and environmental performance.

**References.** 1. Lombardi L., Carnevale E., Corti A. *Waste Management*. 2015. Vol. 37. P. 26–44.  
2. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. *BAT Reference Document for Waste Incineration*. 2019.

## МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВІДБОРУ ДАНИХ ДЛЯ ЧАТ-АСИСТЕНТА ВЕБМАГАЗИНУ

*магістр Д.М. Корнієнко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасні вебмагазини формують розгалужені інформаційні простори: описи товарів, відгуки покупців, часті запитання, технічні специфікації. Традиційні методи пошуку (TF-IDF, BM25) не враховують семантичну близькість між запитом і документом, що призводить до відбору формально схожих, але змістовно нерелевантних даних [1].

Запропонований метод будується на двоетапній архітектурі retrieval-augmented generation (RAG) [2].

На першому етапі застосовується семантичне кодування документів за допомогою трансформерних моделей типу sentence-transformer [3]: кожен фрагмент представляється вектором у щільному семантичному просторі, а пошук здійснюється за принципом наближених сусідів, що забезпечує відбір за змістовою близькістю, а не лише за лексичним збігом.

На другому етапі кандидати повторно ранжуються крос-енкодером, що аналізує пару "запит-документ" цілісно і вловлює тонші семантичні залежності. Додатково вводиться адаптивний пороговий механізм: кількість фрагментів, що передаються у контекст генеративної моделі, визначається динамічно на основі розподілу оцінок релевантності, це дозволяє уникнути як надлишкового контексту, що збільшує латентність, так і його недостатності, що провокує галюцинації. Метод інтегрується у конвеєр RAG без модифікації генеративного компонента.

**Список літератури:** 1. *Benita J.* Implementation of RAG in Chatbot Systems for Enhanced Real-Time Customer Support in E-Commerce / *J. Benita, K. V. C. Tej, E. Kumar et al.* // Proc. ICACRS. – 2024. – DOI: 10.1109/icacrs62842.2024.10841586. 2. *Lewis P.* Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / *P. Lewis et al.* // Advances in NeurIPS. – 2020. – Vol. 33. – P. 9459–9474. 3. *Reimers N.* Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks / *N. Reimers, I. Gurevych* // Proc. EMNLP. – 2019. – P. 3982–3992.

## **КЕРУВАННЯ ПОВЕДІНКОЮ НЕІГРОВИХ ПЕРСОНАЖІВ У СЕРЕДОВИЩІ UNITY ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ**

*студ. В.В. Косінов, канд. техн. наук, доц. В.М. Савченко, ст. викл. О.В. Мнушка, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків.*

Технології штучного інтелекту відкривають нові можливості для підвищення реалістичності поведінки неігрових персонажів (NPC) у комп'ютерних іграх та інтерактивних симуляціях. Традиційні підходи, такі як скінченні автомати, дерева поведінки та сценарії, забезпечують контрольовану логіку, проте обмежують гнучкість взаємодії. Великі мовні моделі (LLM) дозволяють обробляти запити природною мовою, враховувати контекст сцени та динамічно формувати відповіді персонажів. Мета роботи полягає у розробленні системи керування поведінкою NPC у середовищі Unity із використанням API Mistral AI. Запропоноване рішення поєднує детермінований режим на основі таблиці відповідності «команда – дія» та адаптивний режим, у якому запит природною мовою передається до LLM. Це дозволяє порівняти класичний підхід із LLM-орієнтованим керуванням NPC [1–3].

Розроблено архітектуру системи, яка забезпечує взаємодію з мовною моделлю через сервіс MistralService на основі асинхронних POST-запитів із використанням UnityWebRequest. Системний запит визначає контекст сцени, перелік NPC, доступні об'єкти, допустимі дії та формат відповіді. Результат повертається у форматі JSON {npcName, text, action, target}, що спрощує подальшу десеріалізацію та використання. Поведінку NPC реалізовано у класі NPCController, який охоплює репліки, орієнтацію на об'єкти, базові емоційні реакції та скидання стану. Тестування прототипу у сцені з двома персонажами та трьома об'єктами продемонструвало коректне перетворення команд природною мовою на дії NPC. Моніторинг токенів забезпечує не лише оцінювання витрат, а й оптимізацію запитів.

Практична цінність роботи полягає у створенні відтворюваної архітектури інтеграції LLM у проекти Unity, в якій ігрову логіку відокремлено від конкретної мовної моделі, що спрощує заміну API, розширення набору дій NPC та використання системи в ігрових прототипах, навчальних тренажерах і інтерактивних симуляціях.

**Список літератури:** 1. Mistral AI Documentation [Електронний ресурс]. – URL : <https://docs.mistral.ai> 2. Unity Scripting API Reference [Електронний ресурс]. – URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference> 3. Ouyang L. et al. Training language models to follow instructions with human feedback // NeurIPS. – 2022. – Vol. 35. – DOI: 10.48550/arXiv.2203.02155

## **ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДУ ТРАСУВАННЯ ПРОМЕНІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ НАПРЯМКУ ПОГЛЯДУ КОРИСТУВАЧА**

*студ. А.С. Костін, канд. техн. наук, доц. О.А. Поворознюк, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасні технології рендерингу, такі як Ray Tracing та Path Tracing, забезпечують високий рівень візуального реалізму, проте потребують значних обчислювальних ресурсів. Апаратне прискорення, як ядра RT у відеокартах серії NVIDIA RTX, доступне переважно у флагманських рішеннях, що обмежує застосування фотореалістичної графіки на пристроях середнього та бюджетного сегментів.

Одним із перспективних шляхів оптимізації є використання принципів фовеального рендерингу, що базується на анатомічних особливостях людського зору [1]. Наразі методи доступні переважно у пристроях віртуальної реальності, де точність відстеження забезпечується спеціалізованими інфрачервоними сенсорами та передбачуваністю позиції очей користувача. Проте для персональних комп'ютерів з RGB веб-камерами проблема адаптації методу залишається нерозв'язаною через високий рівень шуму відеопотоку, невизначеність позиції користувача відносно екрану та складність забезпечення стабільності вихідних координат. Мета роботи – дослідження можливості адаптації методів фовеального рендерингу для ПК та розробка механізму динамічного регулювання якості трасування променів на основі аналізу напрямку погляду користувача в умовах обмеженої точності датчиків.

У роботі проведено аналіз особливостей зору та застосовано методи обробки зображень для виділення геометричних ознак ока і обличчя. Для реалізації системи використано підходи машинного навчання (архітектури на базі CNN і окрема мережа для регресії координат) для оцінки напрямку погляду за допомогою веб-камери, а також алгоритми динамічного керування параметрами рендерингу (кількість семплів, глибина відбивання променів та роздільна здатність). Розроблений механізм дозволяє досягти приросту продуктивності рендерингу шляхом зменшення обчислювальної складності у периферійних зонах екрана, що відкриває можливості для використання технологій на доступному апаратному забезпеченні.

**Список літератури:** 1. Eye Tracked Foveated Rendering. Meta for Developers. URL: <https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-eye-tracked-foveated-rendering>.

## APPLICATION OF APACHE KAFKA FOR STREAM PROCESSING OF TECHNOLOGICAL DATA IN INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS

*PhD, associate professor I.L. Krasnikov, postgraduate student, K.S. Halliamov, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

In industrial automation systems, technological data generated by sensors, controllers, and other elements of production infrastructure are received in the form of continuous streams. This determines the need for timely data transmission, processing, and storage to support the operation of industrial process control systems.

In traditional SCADA systems, data processing is often based on centralized storage and periodic polling. In the presence of a large number of data sources and high message arrival rates, this approach may impose limitations on system scalability and performance [1].

One of the approaches to addressing this issue is the use of stream processing techniques, in which data are processed as they arrive. The implementation of this approach involves the use of message brokers that provide event transmission between data sources, processing components, and storage systems.

Apache Kafka can be used as a platform for organizing stream data exchange. It functions as a distributed messaging system and event log storage. Support for the publish–subscribe model, horizontal scalability, data replication, and fault tolerance enables Apache Kafka to be applied for integrating SCADA systems, databases, and external data processing services [2].

Thus, the use of Apache Kafka in industrial automation systems can be considered appropriate for building scalable stream processing infrastructures for technological data. This approach facilitates interaction between system components, reduces the load on central nodes, and improves the flexibility of integrating software and hardware components in automated systems.

**References:** 1. *Красніков І.І.* Інтеграція MySQL у SCADA-системи: теорія і практика: навчальний посібник / І.І. Красніков, І.Г. Лисаченко, А.К. Бабіченко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2026. – 235 с. 2. *Kreps J.* Kafka: A Distributed Messaging System for Log Processing / *J. Kreps, N. Narkhede, J. Rao* // Proceedings of the NetDB Conference. 2011.

## **DEVELOPMENT OF A DYNAMIC LIBRARY INTEGRATION SYSTEM IN AN ONLINE GAME WITH LICENCE PROTECTION MECHANISMS AND CRYPTOGRAPHIC METHODS**

*bachelor D. Kurapov, senior lecturer S. Mezheryskyi, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

In the modern world, software, including computer games, plays an increasingly important role. All users of any gadgets use a variety of software to meet their own needs or implement business processes. With the rapid growth of the software industry, the issues of expanding the functionality of existing software solutions, their modification and protection of their own developments from unauthorized use are increasingly arising. This leads to a constant need to optimize development, increase productivity and ensure flexibility of the software architecture. Thus, there is a need to modify existing solutions. But not all programs or games have convenient tools for their modification. At the same time, protecting software from unauthorized access and piracy remains a critically important task, since hacking can lead to financial and reputational losses. In this context, the development of a dynamic library integration system with license protection mechanisms and cryptographic methods is a relevant task that combines modern approaches to software modification and cybersecurity. The object of the study is computer game modification systems based on the Unity engine. The subject of the study is methods for integrating dynamic libraries with license protection mechanisms and cryptographic algorithms. The purpose of the work is to develop a dynamic library integration system using the example of an online game created on the basis of the Unity engine using license mechanisms and cryptographic methods that provide reliable protection against unauthorized use. As a result of the work performed, a dynamic library integration system was developed in an online game with license protection mechanisms and cryptographic methods. The goal of the work was to create a fast, secure and convenient system, which was achieved through the implementation of the integrator, the licensing system and the update module. The Qt integrator provides a convenient interface for entering a license key, launching updates and viewing changes. The AWS Lambda and DynamoDB licensing system using PGP guarantees secure verification of license keys in 2 seconds. The update module downloads files from Cloudflare R2 in 5 seconds, using SHA-256 for verification and HTTPS for protection. Testing confirmed the system's operability: all components work without failures, the Cloudflare server withstands the load with a delay of 130 ms. The system meets the requirements for speed, security and convenience. A minor problem was identified - delays with weak Internet (up to 200 ms). For improvement, it is recommended to increase the data storage period in the server cache. In the future, the system can be adapted for other games, increasing its versatility, expanding the functions of

the dynamic library to automate more actions. Since the developed software solution includes a license protection system, it is advisable to implement a monetization model through the sale of license keys. The developed system can also be equipped with the ability to integrate modifications into games on other engines: Unreal Engine, Godot, etc.

## **OPTIMIZATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR IMAGE RECOGNITION UNDER LIMITED RESOURCES**

*PhD student A.V. Kusakov, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia*

The rapid development of computer vision and deep learning has led to the widespread use of convolutional neural networks (CNNs) in image recognition tasks, including object classification, biometric identification, and mobile applications. Compared to traditional approaches based on handcrafted features, CNNs enable automatic extraction of hierarchical representations, significantly improving recognition accuracy. However, modern CNN architectures require substantial computational resources, which limits their applicability in resource-constrained environments such as mobile and embedded systems.

This paper addresses the problem of optimizing CNN models to improve computational efficiency while maintaining an acceptable level of accuracy. A lightweight CNN architecture is proposed based on reducing network depth, decreasing the number of convolutional filters, and simplifying fully connected layers. Pooling operations and ReLU activation functions are used to preserve nonlinearity while lowering computational cost. The approach also includes reducing input feature dimensionality and improving layer arrangement to eliminate redundant computations.

Experimental evaluation shows that the proposed model achieves classification accuracy of approximately 93–94%, compared to 78–80% for a baseline model. The results indicate that reducing model complexity does not significantly degrade performance and may improve generalization ability. In addition, the proposed approach reduces training time and computational requirements, making it suitable for real-time applications.

Thus, optimizing CNN architectures enables an effective trade-off between accuracy and computational efficiency, which is essential for practical deployment in resource-constrained environments.

**References:** 1. Krizhevsky A. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks / A. Krizhevsky, I. Sutskever, G. Hinton // NIPS. – 2012. 2. He K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // CVPR. – 2016.

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС КОНВЕЄРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

*асп. К.О. Левченко, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

Сортування кінцевого продукту або сировини – є важливою та невід'ємною частиною будь-якого виробництва. Якісне сортування вхідної сировини дозволяє відокремлювати потенційно небезпечні та нерентабельні матеріали, завдяки чому підвищується ефективність виробництва.

Існують багато методів сортування сировини, починаючи з найменш ефективного ручного сортування закінчуючи сучасними сортерами, які працюють у інфрачервоних діапазонах. Мінуси ручного сортування – низька ефективність, а висококласних сортерів – висока вартість.

Для забезпечення високоякісного сортування при низькій собівартості пропонується використовувати інтелектуальні методи сортування на основі комп'ютерного зору (бібліотеки CV2) та з використанням штучного інтелекту.

На першому етапі такого сортування за допомогою комп'ютерного зору будуть виділятися контури об'єктів на транспортері, які слід сортувати, далі при потребі можливо сортування за різними ознаками, такими як: колір, розмір, форма. Для більш якісного сортування, в систему інтегрується штучний інтелект, який дозволяє виконувати більш складне багатоскладове сортування, під час якого буде відбуватися навчання на об'єктах сортування. Штучний інтелект також може виконувати безпекові функції, так він може розрізняти потенційно небезпечні об'єкти на виробництві.

Основною перевагою запропонованої системи є висока ефективність та низька вартість, яка забезпечується використанням звичайних оптичних камер, на яких використовується відповідні програми комп'ютерного зору, замість використання інфрачервоних або оптичних датчиків.

**Список літератури:** 1. OpenCV [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://opencv.org/> 2. Computer Vision: Algorithms and Applications 2nd Edition : [учеб. пособие] / Richard Szeliski; The University of Washington : 2022. – 1232 с.

## ДЕРЕВА РІШЕНЬ В МОДЕЛЯХ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

*ст. викладач А.В. Легеза, д-р техн. наук, проф. І.Ф. Повхан, ДВНЗ "Ужгородський національний університет", м. Ужгород*

Використання інструментарію штучного інтелекту (ШІ) в електронному навчальному процесу (НП) сприятиме значному розвитку комплексного освітнього процесу. Так, інструменти на основі ШІ, такі як автоматизовані системи оцінювання та адаптивні навчальні платформи, використовуються в освітніх системах для персоналізації НП. Крім того, викладачі почали масово використовувати стратегії, засновані на штучному інтелекті, для підвищення концентрації та навчальних результатів учасників електронного НП. Інструменти ШІ також можуть бути використані для вирішення більш ефективних організаційних задач електронного НП, таких як – автоматизація відстеження відвідуваності занять, управління записами учасників НП та оптимізація вибору електронних курсів. Використання такого потужного інструменту теорії ШІ, як дерева рішень дозволить побудувати просте та ефективне рішення (модель на основі класифікатора дерева рішень) для автоматизованої оцінки компонентів електронного НП (електронного заняття). Дана модель, будуватиметься на основі набору елементарних дидактичних показників –  $(d_1, d_2, \dots, d_{10})$ . Зрозуміло, що таке дискретне представлення елементарних показників може бути реалізоване або на основі використання відповідних метрик оцінки якості НП, або на основі реалізації простого механізму кодування дидактичних показників ефективності компонента електронного НП. Отже, зафіксуємо що в загальному випадку, задача буде полягати в побудові функції  $f_R(x_j)$  (функції оцінки), яка реалізує розбиття  $R$  множини  $G$  (класи якості, ефективності), або розрахунку значень деяких предикатів  $P_i(x_j)$ . Тоді рішення про належність об'єкта  $x_j$  до того чи іншого класу  $K_i$  може кодуватися наступним чином: 0 (об'єкт  $x_j$  не належить  $K_i$ ) та 1 (об'єкт  $x_j$  належить  $K_i$ ). Відмітимо, що ефективний відбір та оцінка інформативних показників (ознак) опису об'єктів оцінки (показників в яких зосереджена найбільш суттєва для процесу оцінки інформація) є однією з найважливіших та необхідних умов успішного розв'язання поставленої задачі в цілому. Якщо розглядати дану проблему комплексно (в плані існуючих сучасних методів та підходів), то можна побачити відносний дисбаланс в їхньому розвитку. Тобто, в межах прикладної задачі є можливість дослідити ступінь важливості певної ознаки (або набору показників чи їх сполуки) із множини яка формалізована в умовах задачі (відібрана в межах розв'язку), але саме правило вибору та функціональна

залежність між ознаками залишає ще багато питань. Часто умовами задачі фіксується, що вектор значень показників (ознак) об'єкта оцінки адекватно представляє об'єкт, але саме на цьому етапі з'являється похибка по причині невдалого (або неповного) вибору ознакового простору задачі. Зафіксуємо, що в більшості випадків об'єкт оцінки (компонент електронного НП) представляється як вектор значень деяких характеристик (набору дидактичних елементарних показників), кількість яких може бути достатньо великою, а інформативність одних відрізняється від інформативності інших. Суттєво збільшення кількості елементарних дидактичних показників значно ускладнює побудову моделі оцінки якості компонента електронного НП, що призводить до проблем як фіксації самих елементарних показників так і проблем ресурсних витрат самої ІС, та точності побудованої моделі. Причому при  $n > 20$  (для даного типу моделі оцінки якості компонент електронного НП) точність оцінки моделі майже не змінюється.

**Список літератури:** 1. A. Kintonova, A. Sabitov, I. Povkhan, D. Khaimulina, G. Gabdreshov, "Organization of online learning using the intelligent metasystem of open semantic technology for intelligent systems", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, № 1(2-121), P. 29-40. 2. A. Kintonova, A. Sabitov, I. Povkhan, "Development of an Online Course for Web Programming discipline with OLAT", 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON): Conference Proceedings (Riga (Latvia), May 9-12, 2022), Riga, 2022, P. 54-62. 3. A. Kintonova, I. Povkhan, A. Sabitov, A. Tokkuliyeva, N. Demidchik, "Online Learning Technologies", 2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON): Conference Proceedings (Riga (Latvia), May 9-12, 2022), Riga, 2022, P. 76-84. 4. D. Alt, L. Naamati-Schneider, "Health management students self-regulation and digital concept mapping in online learning environments", *BMC Medical Education*. 2021. Volume 21, Issue 1. Article Number 110. 5. N.F. Ferrer, J.M. Alfonso, "E-Learning Content Management", New York (USA): Springer, 2010, 132 p. 6. C. Pappas, "Top 20 eLearning Statistics For 2019 You Need To Know [Infographic]". Reno (NV, USA): eLearning Industry, 2019. 7. K. Siegel, "iSpring Suite 9: The Basics", Riva (USA): IconLogic, Inc., 2020, 119 p. 8. B. Caudill, D. Banks, "Pocket instruction for SCORM", West Palm Beach (Florida, USA): JCASolutions, 2006, 114 p. 9. O. Revilova, O. Santos, E. Restrepo, "WCAG 2 in simple terms", Madrid (Spain): Itákora Press, 2015, 53 p. 10. G. Blokduk, "A clear and concise XAPI reference", Toronto (Canada): 5STARCOoks, 2018, 137 p.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО ІНТЕРФЕЙСУ НА МЕТРИКУ ВІЗУАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ – CLS

*д-р техн. наук, проф. С.Ю. Леонов, асп. Д.А. Тиртишний, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Забезпечення візуальної стабільності під час завантаження веб-сторінок є одним із ключових чинників позитивного користувацького досвіду (UX). Раптові зсуви контенту можуть призводити до помилкових кліків, переривання читання та загального роздратування користувача. Метрика Cumulative Layout Shift (CLS), що входить до складу Core Web Vitals, дозволяє кількісно оцінити частоту та інтенсивність таких зсувів протягом усього життєвого циклу сторінки. Основними чинниками, що негативно впливають на CLS, є зображення та відео без вказаних розмірів, динамічне вбудовування рекламних блоків або віджетів, а також використання веб-шрифтів, що спричиняють ефекти FOIT/FOUT. Для математичної оцінки кожного окремого зсуву макета використовується добуток частки впливу (Impact Fraction) та частки зміщення (Distance Fraction):

$LSS = IF \times DF$ , де LS – бал зсуву макета (Layout Shift score); IF – частка впливу, що визначає площу нестабільних елементів відносно загальної площі вікна перегляду (Viewport); DF – частка зміщення, що відображає максимальну відстань, на яку перемістився нестабільний елемент. У межах розроблюваного програмного середовища для аналізу продуктивності пропонується алгоритм автоматичного виявлення елементів з найбільшим значенням LSS шляхом профілювання кадрової частоти рендерингу. Це дозволяє розрахувати сумарний показник CLS як суму балів усіх несподіваних зсувів, що відбулися протягом "вікна сесії" (session window). Експериментальні дослідження підтверджують, що резервування місця під динамічні елементи за допомогою CSS-властивості "aspect-ratio" або заповнювачів (skeletons) дозволяє мінімізувати показник LSS до нормативного значення (менше 0.1), що є критичним для сучасних високонавантажених веб-інтерфейсів.



**Список літератури:** 1. Milica Mihajlija, Philip Walton. Cumulative Layout Shift (CLS). Web Dev Articles., 2023. - <https://web.dev/articles/cls>. – 1 с.

## ПОБУДОВА МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЇ КАРТИ МАМОГРАМ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ BOX-COUNTING THRESHOLD SWEEP

*асп. О.Є. Личкатий, д-р техн. наук, проф. А.І. Поворознюк, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Мультифрактальний аналіз медичних зображень дозволяє отримувати локальні характеристики текстурної складності тканини, що є перспективним підходом для підтримки діагностики патологій молочної залози. На відміну від фрактальної розмірності  $D$ , мультифрактальна карта відображає просторовий розподіл параметра  $D$  по всьому зображенню та дозволяє виявляти зони з аномальною структурою. У рамках поточного дослідження реалізовано та апробовано метод Threshold Sweep – розширення класичного алгоритму box-counting, адаптоване для побудови мультифрактальних карт. Суть методу полягає в тому, що фрактальна розмірність  $D$  обчислюється не при єдиному фіксованому порозі бінаризації, а при наборі порогів  $t$  у діапазоні від 10% до 60% динамічного діапазону яскравостей зображення. Для кожного ковзного вікна розміром  $32 \times 32$  пікселі формується функція  $D(t)$ , на основі якої одержані три похідні ознаки:  $D^*$  – адаптивне "репрезентативне" значення розмірності, зважене за інформативністю вікна;  $D_{std}$  – стандартне відхилення  $D(t)$  як міра варіабельності локальної структури;  $D_{range}$  – діапазон значень  $D(t)$ . Кожна ознака формує окрему теплову карту, що покриває все зображення молочної залози.

Метод апробовано на мамограмах з бази MIAS, що містять підтверджені патологічні утворення. Результати зіставлено з раніше реалізованими методами – класичним box-counting та диференційованим підрахунком (DBC). Аналіз отриманих карт показав наступне: карти  $D_{std}$  та  $D_{range}$  виявились зашумленими і не забезпечили надійного виділення зон патології, тоді як карта  $D^*$  лише частково відтворила результати DBC, який стабільно демонструє кращу просторову чутливість та локальний контраст у зоні патологічного утворення.

Незважаючи на отриманий результат, підхід Threshold Sweep є перспективним напрямком: він вводить нову вимірювальну вісь – поведінку  $D(t)$  – яка несе потенційно діагностично значущу інформацію про неоднорідність тканинної структури. Подальші дослідження будуть зосереджені на адаптації ідеї порогового перебору до алгоритму DBC, що дозволить застосувати накопичений досвід реалізації на більш стабільній та чутливій основі, а також на пошуку ефективних критеріїв агрегування функції  $D(t)$  у єдиний простір ознак.

## **ПРОГРАМНИЙ ФРЕЙМВОРК ПЕРЕМІКАННЯ ОЦІНЮВАЧІВ СТАНУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ (IPNET) ПРИ ВТРАТІ ВІЗУАЛЬНОГО СИГНАЛУ**

*асп. А. Лозицький, PhD, доц. Д.М. Главчев, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Автономні підводні апарати (AUV) активно використовують системи візуальної одночасної локалізації та побудови карти (SLAM) для точного орієнтування у тривимірному просторі. Проте традиційні візуальні системи мають суттєві обмеження через специфіку підводного середовища: нестачу природного та штучного освітлення, каламутність води, динамічні зміни видимості внаслідок течій і суспензій, а також відсутність виражених текстур на однорідних поверхнях дна. Тривала відсутність надійних візуальних ознак неминуче призводить до накопичення похибок, розбіжності оцінок та повної відмови системи навігації, що ставить під загрозу виконання місії та безпеку обладнання [1].

Для вирішення цієї проблеми пропонується інноваційний програмний фреймворк перемикання оцінювачів стану, який гарантує безперервну локалізацію апарата незалежно від зовнішніх оптичних умов. Ця архітектура дозволяє системі динамічно та детерміновано переходити між основним візуально-інерціальним алгоритмом та резервними моделями на основі задалегідь визначених критеріїв якості. Завдяки цьому зберігається працездатність апарата навіть у повністю неструктурованих або темних водних середовищах, де традиційна візуальна одометрія зазнає краху [2].

Першим ключовим компонентом розробленого фреймворку є програмний «візуальний монітор», який у фоновому режимі безперервно оцінює стан роботи системи SLAM. Монітор аналізує такі метрики, як кількість витягнутих ключових точок у поточному кадрі, кількість успішних збігів між послідовними кадрами та частку правильних зіставлень після геометричної верифікації. Якщо ці показники стабільно падають нижче визначеного порогу протягом заданого часового вікна, система автоматично фіксує стан критичної втрати візуального сигналу та ініціює процес перемикання на резервний модуль, мінімізуючи час роботи з ненадійними даними [2].

При виявленні "втрати зору" фреймворк безшовно активує запропонований оцінювач IPNet. Ця нейромережева модель використовує дані інерціального вимірювального модуля (IMU) та датчика тиску – сенсорів, що залишаються повністю функціональними незалежно від оптичної прозорості води. Оскільки пряме інтегрування прискорень IMU неминуче призводить до швидкого накопичення похибки дрейфу, особливо у горизонтальних координатах, IPNet використовує нейромережу прямого

поширення для точного прогнозування змін швидкості апарата в горизонтальній площині на основі короткочасних вікон інерціальних вимірювань. Водночас датчик тиску забезпечує надійну та незалежну оцінку глибини по вертикальній осі, що разом гарантує безперервну генерацію повної оцінки пози в умовах повної візуальної деградації [2].

Щойно візуальні умови покращуються і монітор фіксує відновлення достатньої кількості надійних ознак, система здійснює зворотне перемикання: остання оцінка пози від нейромережевого бекапу використовується як початкове значення для успішної реініціалізації основного алгоритму візуального SLAM. Таким чином формується замкнений цикл відмовостійкості, який запобігає фатальним збоєм у відстеженні траєкторії та забезпечує плавне відновлення повнофункціональної навігації [3].

Узагальнюючи, запропонований гібридний підхід ефективно нівелює наслідки втрати візуального сигналу, перетворюючи систему з вразливої до умов середовища на адаптивну та надійну. Практичне застосування цього програмного фреймворку є критично важливим для завдань, що вимагають тривалої автономності у складних умовах, наприклад: при інспекції портової інфраструктури, моніторингу технічного стану підводних трубопроводів, дослідженні глибоководних археологічних пам'яток або пошуково-рятувальних операціях у каламутних водах. Завдяки такій інтеграції апарат здатний успішно виконувати місії навіть за найскладніших оптичних умов.

**References:** 1. Merveille F. F. R. Enhancing underwater slam navigation and perception: A comprehensive review of deep learning integration / F. F. R. Merveille, B. Jia, Z. Xu, B. Fred // *Sensors*. – 2024. – Vol. 24, No. 21. – P. 7034. 2. Wu Y. A switching framework for robust underwater pose estimation: Integrating IPNet with vision-based SLAM / Y. Wu, Y. Li, B. Shi // *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. – 2025. – Vol. 111, No. 3. – P. 88. 3. Joshi B. Sm/vio: Robust underwater state estimation switching between model-based and visual inertial odometry [Electronic resource] / B. Joshi, H. Damron, S. Rahman, I. Rekleitis // *arXiv preprint*. – 2023. – arXiv:2304.01988. – URL: <https://arxiv.org/abs/2304.01988>.

## МЕТОД ОРГАНІЗАЦІЇ КОМУНІКАЦІЙ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ОДНОМОДОВОГО БАГАТОЧАСТОТНОГО З СИНХРОНІЗАЦІЄЮ ПОЗДОВЖНИХ МОД ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

асп. О.В. Любченко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

Передача даних на основі лазерного випромінювання (волоконно-оптичні та атмосферно-оптичні лінії зв'язку) використовує високоспрямовані лазерні промені для передачі інформації з великою швидкістю у комп'ютерних мережах. Вона забезпечує високу пропускну здатність та безпеку з одного боку, але не використовує усі можливості спектру лазерного випромінювання для багатоканальної передачі даних, кількість яких  $N \geq 10$ .

Таким чином, розробка методу організації комунікацій в комп'ютерних мережах на основі одномодового багаточастотного з синхронізацією поздовжніх мод лазерного випромінювання є актуальною науковою задачею.

У доповіді проведено аналіз відомих методів передачі даних у атмосферно-оптичних та волоконно-оптичних лініях зв'язку на основі лазерного випромінювання. Доведено їх особливості, переваги та недоліки.

Запропоновано метод організації комунікацій в комп'ютерних мережах на основі одномодового багаточастотного з синхронізацією поздовжніх мод лазерного випромінювання [1]. Метод інтегрує концепцію виділення поздовжніх мод зі спектру одномодового багаточастотного з синхронізацією поздовжніх мод лазерного випромінювання та поділу лазерних інформаційних сигналів, які випромінюються на несучих частотах  $N \geq 10$ , що створює загальну систему пропорційного підвищення швидкості багатоканальної передачі даних до споживачів.

Завдяки особливостям розробленого методу удосконалено методи передачі даних у кабельній волоконно-оптичній технології на частотах міжмодових биттів  $N \geq 10$  та атмосферно-оптичній технології на несучих частотах  $N \geq 10$ , що дозволяє пропорційно підвищити швидкість та збільшити об'єм багатоканальної передачі даних до споживачів [2, 3].

**Список літератури:** 1. Любченко О.В. Метод організації комунікацій в комп'ютерних мережах на основі одномодового багаточастотного лазерного випромінювання із синхронізацією поздовжніх мод. *Системи обробки інформації*. 2025. № 4(183). С. 37-43. – <https://doi.org/10.30748/soi.2025.183.05>. 2. Коломійцев О.В., Любченко О.В. Удосконалений метод передачі даних у технології лазерної атмосферної лінії зв'язку для вирішення проблеми остання миля. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – Х.: ХНУПС, 2025. № 2(59). С. 103-108. – <https://doi.org/10.30748/nitps.2025.59.12>. 3. Коломійцев О.В., Любченко О.В. Удосконалений метод передачі даних у кабельній волоконно-оптичній лінії зв'язку для технології FTTx. *Системи озброєння і військова техніка*. – Х.: ХНУПС, 2025. № (82). С. 69-77. – <https://doi.org/10.30748/soivt.2025.82.10>.

## ПІДХІД ДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

*асп. В.М. Ляшенко, канд. техн. наук., доц. С.І. Яцько, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

Питання вибору потужності тягового електроприводу моторвагонного рухомого складу є задачею, яка не має однозначного оптимального розв'язку в умовах експлуатаційної невизначеності. Так, залежність витрат енергії від встановленої потужності тягового приводу є нелінійною і визначається сукупністю взаємопов'язаних чинників: поздовжнім профілем маршруту, наповненістю поїзда пасажирями, конфігурацією складу, вимогами графіку руху та ін. [1]. Ускладнює задачу і те, що оцінка реального енергоспоживання є коректною лише за умови енергоефективного керування рухом поїзда у кожному конкретному випадку, інакше порівняння різних варіантів конфігурації рухомого складу не відобразить реальних залежностей через вплив неоптимальності траєкторії руху. У зв'язку з цим дослідження залежності між параметрами тягового електроприводу та енергоспоживанням потребує інтеграції математичного моделювання динаміки рухомого складу з методами оптимізації траєкторій руху [2].

У доповіді розглядається підхід до аналізу залежності витрат електричної енергії від встановленої сумарної потужності тягового приводу на основі імітаційного моделювання з оптимізацією стратегії керування рухом поїзда методом динамічного програмування. Розглядається вплив варіативних умов руху – різних типів поздовжніх профілів перегонів, конфігурацій рухомого складу та заданих середніх ходових швидкостей – на характер отриманих залежностей.

**Список літератури:** 1. M. Gallo. A Simulation Approach for Optimising Energy-Efficient Driving Speed Profiles in Metro Lines. / M. Gallo, M. Botte, A. Ruggiero, L. D'Acerno. // *Energies*. – 2020. – Т. 13, №22. DOI: 10.3390/en13226038. 2. Ляшенко В. М. Дослідження витрат електроенергії за повторно-короткочасного режиму роботи електрорухомого складу на ділянках різного профілю. / Ляшенко В.М., Устенко О. В., Яцько С. І. // *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. – 2025. – №211. – с. 181-195. – DOI: 10.18664/1994-7852.211.2025.327149.

## **МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ХМАРНИХ ІОТ-СИСТЕМАХ ЗА УМОВ ДИНАМІЧНОГО ЦІНОУТВОРЕННЯ**

*асп. В.О. Максимов, канд. техн. наук Д.В. Гриньов, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасний розвиток концепцій Smart Home та Energy Management Systems (EMS) потребує впровадження інтелектуальних рішень для управління попитом. Особливої актуальності це набуває в умовах переходу енергоринків до динамічної тарифікації (Time-of-Use pricing), де вартість електроенергії змінюється протягом доби.

Існуючі системи автоматизації здебільшого фокусуються на прямому управлінні пристроями без глибокого аналізу економічної складової. Проблема ефективного узгодження (matching) розподіленої генерації та споживання в реальному часі з урахуванням мінливих тарифів залишається недостатньо вирішеною.

Мета роботи. Підвищення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат IoT-систем через розробку методів календарного планування роботи пристроїв та алгоритмів балансування у хмарному середовищі.

У межах дослідження запропоновано математичну модель енергоспоживання домогосподарства, яка розглядається як багатокритеріальна задача оптимізації. Модель враховує:

- технічні обмеження пристроїв (термостати, інвертори, зарядні станції електромобілів);
- прогнозовані графіки споживання та локальної генерації;
- вартісні показники згідно з 30-хвилинними інтервалами тарифікації;
- рівень комфорту користувача.

Для реалізації інтелектуального модуля планування (event calendar) обрано мову програмування Python. Обчислювальна архітектура базується на хмарних сервісах AWS, що дозволяє масштабувати рішення для груп користувачів у межах мікромереж (microgrids). Це дає можливість не лише оптимізувати окреме домогосподарство, а й впроваджувати методи балансування генерації та споживання для спільнот.

Розроблювана інформаційна технологія дозволить автоматизувати процес прийняття рішень щодо енергоспоживання, мінімізуючи вплив пікових навантажень на мережу та зменшуючи фінансові витрати споживачів. Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення алгоритмів прогнозування на основі синтетичних профілів споживання.

## **БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ НА КІНЦЕВИХ ПРИСТРОЯХ ПОТ**

*асп. Е.Е. Малохвій, д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Стрімкий розвиток ПОТ зумовлює необхідність підвищення ефективності обробки інформації безпосередньо на кінцевих пристроях, які функціонують в умовах обмежених обчислювальних, енергетичних і комунікаційних ресурсів [1]. Особливої актуальності ця проблема набуває в cloud-fog-edge архітектурах, де кінцевий пристрій повинен не лише збирати дані, а й виконувати попередню обробку, адаптивну фільтрацію, агрегацію, компресію та приймати рішення щодо локального виконання або передачі обчислювальних задач на вищі рівні системи. Запропонований підхід ґрунтується на формалізації кінцевого пристрою як активного вузла прийняття рішень, стан якого визначається вектором ресурсів, що охоплює завантаження процесора, стан черги, використання пам'яті, доступну пропускну здатність каналу зв'язку та енергетичні обмеження. На відміну від наявних підходів, орієнтованих переважно на оптимізацію на рівнях fog або cloud, розроблена модель безпосередньо враховує гетерогенність і нестаціонарність вхідних потоків подій, їх класи, пріоритети та інформативність. Це дає змогу описати локальну обробку за допомогою моделі черги з обмеженим буфером і сформулювати задачу синтезу адаптивної політики як багатокритеріальну оптимізаційну задачу за критеріями затримки, втрат, енергоспоживання, комунікаційного навантаження та збереження інформативності даних [2]. Результатом дослідження є цілісне теоретико-математичне підґрунтя для подальшої побудови методів адаптивної обробки інформації на кінцевих пристроях ПОТ, параметричного налаштування стратегій offloading та їх валідації в реалістичних промислових сценаріях.

**Список літератури:** 1. Muñoz, L.A., Berná Martínez, J.V., Asensi, C.C., Pastor, D.S. (2025). Research Notes: Design of a Distributed and Highly Scalable Fog Architecture for Heterogeneous IoT Infrastructures. *Int. Journal of Software Engineering and Knowledge Eng.*, 35(2), 195–215. 2. Alsadie, D. (2024). Advancements in heuristic task scheduling for IoT applications in fog-cloud computing: challenges and prospects. *PeerJ Computer Science*, 10, e2128.

## **APPLICATION OF FMEA-BASED APPROACHES TO SOFTWARE RISK MANAGEMENT IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS**

*student F. Mammadov, senior lecturer O. Mnushka, cand. sc. (engineering), assoc. prof. V. Savchenko, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

Remote monitoring and control systems that use web technologies and the Internet of Things provide continuous access to operational data and enable automated decision-making across multiple sectors. In these systems, data processing and storage directly impact software reliability, safety, and the quality of decisions made by both human experts and automated support tools. As a result, competencies in data processing, storage, software reliability, and risk analysis are critical for developing dependable monitoring systems [1–3]. This study analyzes the significance of these competencies in ensuring the reliability and safety of automated monitoring systems.

In automated scenarios, adherence to technological, environmental, and safety constraints is necessary to prevent harm to individuals, infrastructure, or the environment. This study proposes using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to manage software-related risks in remote monitoring environments. FMEA is a systematic approach for identifying potential failure modes, analyzing their consequences, and prioritizing corrective actions. It is relevant to software components for data acquisition, preprocessing, analysis, failure handling, and storage, enabling structured decomposition and failure identification at each functional stage.

The proposed analysis procedure includes system decomposition, failure identification in parameterized data, analysis of protocol, data integrity, and cybersecurity constraints, and evaluation of wired and wireless sensor network reliability. As artificial intelligence becomes more integral to decision-making, prepared datasets and identified errors become increasingly critical. Consequently, FMEA-based decomposition offers a structured framework for analyzing essential tasks, constraints, and mechanisms within cyber-physical monitoring systems.

**References:** 1. Мнушка О.В. Аналіз використання хмарних технологій для формування компетенцій під час навчання в галузі інформаційних та комп'ютерних технологій // Вісник ХНАДУ. – Вип. 76. – Харків, 2017. – С. 123-127. 2. Савченко В.М., Мнушка О.В. Хмарні технології як інструмент формування компетенцій у галузі інформаційно-комунікаційних технологій // Зб. наук. праць за матеріалами всеукраїнської наук.-метод. Інтернет-конференції "Проблеми і перспективи вищої освіти в Україні". – Х. : ХНАДУ, 2016. С. 66-67. 3. V. Savchenko, O. Mnushka Integrating secure coding practices and risk assessment in modern software development // Problems of informatics and modeling (PIM-2023). Abstracts of the XXIII International Scientific and Technical Conference. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2023. – P. 96.

## **ОЦІНКА ТЕМПЕРАТУРИ РІЗАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ СІРИХ ТА ВИСОКОМІЦНИХ ЧАВУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ**

*канд. техн. наук А.С. Манохін, канд. техн. наук А.Г. Найденко, асп. І.А. Коваленко, ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ; канд. техн. наук К.В. Камчатна-Степанова, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Використання високоміцних чавунів (ВЧ) при проектуванні деталей деталей двигунів внутрішнього згоряння дозволяє суттєво збільшити їх ресурс завдяки високій міцності, зносо- і термостійкості цих матеріалів у порівнянні з традиційно застосовуваними сірими чавунами (СЧ). Поряд із тим термобаричне навантаження на різальні інструменти при обробці ВЧ стає значно більшим, що вимагає оптимізації умов обробки таких матеріалів приймаючи до уваги температуру різання та термостійкість різального інструменту і, відповідно, визначення величини температур в зоні обробки в залежності від режимів різання. Вказана задача вирішувалась експериментально-розрахунковим шляхом із застосуванням моделювання методом скінчених елементів. Температура вимірювалась термопарою, встановленою в контрольній точці під різальною пластиною. В подальшому моделювання дозволяє встановити залежність між температурним навантаженням в робочій зоні інструмента (температурою різання) і температурою в контрольній точці. Вирішення рівняння відносно невідомої температури різання дозволяє встановити величину даного параметра. Порівняння результатів досліджень демонструє, що при однакових режимах різання температура при точінні ВЧ є вищою, ніж для СЧ у середньому на 120–200 °С. Також методом екстраполяції розраховані діапазони режимів різання при яких температура різання знаходиться в межах максимально допустимих для РсVN величин 1050-1100 С. Так максимально допустима подача при обробці СЧ становить 0,125 мм/об для швидкості різання  $v = 500$  м/хв, в той час як для ВЧ даний параметр становить 0,08 мм/об при  $v = 500$  м/хв.

## ПАРАЛЕЛІЗМ ЯК ФУНДАМЕНТ ШІ: РОЛЬ АРХІТЕКТУРИ CUDA У СУЧАСНІЙ РОЗРОБЦІ

*асп. Д.О. Марічев, Національний університет "Запорізька політехніка", м. Запоріжжя*

За останні роки значно пришвидшився розвиток штучного інтелекту (ШІ), зокрема великих мовних моделей та нейронних мереж глибокого навчання, що в свою чергу вагомо збільшило обсяг даних та складності обчислень. У таких умовах звичайна (класична) послідовна архітектура центральних процесорів (CPU) накладає певні обмеження та стає «вузьким місцем», що підштовхує до переходу до паралельних обчислювальних концепцій. Вагому роль у цій трансформації відіграє технологія Compute Unified Device Architecture (CUDA), що розробляється компанією NVIDIA.

Найбільша перевага архітектури CUDA полягає у можливості використання масового паралелізму. На відміну від класичних CPU, що оптимізовані для швидкого виконання складних послідовних алгоритмів, графічні процесори (GPU) містять в собі сотні тисяч дрібних високоефективних ядер. Це, в свою чергу, дозволяє одночасно обробляти великі масиви даних, що є критично важливим для матричних та тензорних операцій, які є базою для навчання нейронних мереж [1].

Для розробників програмного забезпечення технологія CUDA надає не лише апаратний ресурс, а ще й розвинену екосистему бібліотек (cuBLAS, cuDNN), що добре інтегруються з популярними фреймворками, такими як PyTorch та TensorFlow. Це дає можливість абстрагуватися від низькорівневого керування пам'яттю та зосередитися на архітектурі моделей. Окремо можна впровадження тензорних ядер (Tensor Cores), які спеціалізовані на операціях змішаної точності, що надає можливість суттєво підвищити продуктивність ШІ-додатків без втрати якості результатів.

Отже, використання паралелізму на базі CUDA є фундаментом сучасної розробки ШІ. Розуміння принципів взаємодії програмного забезпечення з графічними прискорювачами стає обов'язковою компетенцією інженера, оскільки дозволяє масштабувати обчислювальні процеси та впроваджувати складні інтелектуальні рішення у реальний сектор економіки.

**Список літератури:** 1. Focus on Your Algorithm: NVIDIA CUDA Tile Handles the Hardware [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://developer.nvidia.com/blog/focus-on-your-algorithm-nvidia-cuda-tile-handles-the-hardware>

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СЕРВЕРНИХ АРХІТЕКТУР БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИХ ІГОР ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВОЇ ЛАТЕНТНОСТІ**

*канд. техн. наук, доц. М.В. Мезенцев, магістр Я.Ю. Журавльов,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Сучасний ринок багатокористувацьких ігор демонструє стрімке зростання, що супроводжується підвищенням вимог до якості мережевої взаємодії. Одним із ключових чинників забезпечення позитивного користувацького досвіду є мінімізація затримок (латентності), оскільки навіть незначні затримки можуть суттєво впливати на ігровий процес, особливо у динамічних жанрах (екшн, шутери, спортивні симулятори), де допустимий рівень затримки становить менше 50 мс. У зв'язку з цим розробка ефективних серверних архітектур, здатних забезпечити стабільну роботу за високих навантажень і низької латентності, є актуальним науково-технічним завданням.

Метою роботи є аналіз сучасних підходів до побудови серверних архітектур багатокористувацьких ігор та формування рекомендацій щодо їх оптимізації з урахуванням вимог до реального часу.

У роботі розглянуто основні архітектурні моделі, зокрема авторитарну модель із виділеним сервером (Dedicated Game Server, DGS), яка забезпечує високий рівень цілісності та захисту від несанкціонованого втручання за рахунок централізованої обробки стану гри. Поряд із цим проаналізовано альтернативні підходи, такі як однорангові (P2P) архітектури та моделі з клієнтським хостом, що характеризуються нижчими витратами, але поступаються у надійності та безпеці.

Дослідження проведено на експериментальному стенді, який моделює географічно розподілену інфраструктуру з множиною клієнтів і серверних вузлів. Для оцінювання ефективності використано інструменти вимірювання мережевих затримок та профілювання продуктивності серверів. Проведено серію експериментів, що включала порівняння протоколів передачі даних (TCP та UDP), аналіз методів компенсації затримок (client-side prediction, lag compensation), а також навантажувальне тестування з метою визначення граничної кількості одночасних користувачів при збереженні допустимого рівня латентності.

Отримані результати показують, що використання методів клієнтського передбачення дозволяє суттєво знизити сприйману затримку, а застосування протоколу UDP є більш доцільним для систем реального часу порівняно з TCP. Додатково встановлено, що використання механізмів балансування навантаження, зокрема на основі консистентного хешування, забезпечує ефективний розподіл ресурсів у динамічних умовах підключення користувачів.

## **АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ ЗАПИТІВ ДО ГЕНЕРАТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПАТЕРНІВ ПРОМПТ-ІНЖИНІРИНГУ**

*канд. техн. наук, доц. М.В. Мезенцев, магістр І.Д. Зогуля,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Сучасний етап розвитку генеративного штучного інтелекту характеризується стрімким ускладненням архітектур великих мовних моделей і розширенням спектру задач, які вони здатні ефективно розв'язувати. У цих умовах ключовим фактором досягнення високої якості результатів є правильне формулювання вхідних запитів, що сприяло формуванню окремого науково-практичного напрямку – промпт-інжинірингу. Водночас існуючі підходи до конструювання запитів часто мають емпіричний характер і не забезпечують універсальності при застосуванні до різних типів задач і моделей, що зумовлює актуальність розробки формалізованих методів вибору оптимальних патернів.

Метою роботи є розробка архітектури системи конструювання запитів до генеративних моделей штучного інтелекту на основі порівняльного аналізу ефективності патернів промпт-інжинірингу.

У роботі запропоновано багатоступеневий підхід до дослідження. На першому етапі здійснюється систематизація патернів промпт-інжинірингу за ключовими категоріями, зокрема: Zero-Shot і Few-Shot підходи, методи генерації міркувань (Chain-of-Thought, Tree-of-Thoughts), ансамблеві підходи (Self-Consistency), методи самокорекції (Self-Refine), декомпозиційні стратегії (Plan-and-Solve), а також структуроване представлення результатів (JSON, YAML, CSV). На другому етапі виконується експериментальне порівняння ефективності зазначених патернів на репрезентативному наборі задач із використанням сучасних великих мовних моделей. Оцінювання здійснюється за комплексом метрик, що включає точність результатів, обчислювальну вартість (у токенах), затримку відповіді, узгодженість результатів та стійкість до варіацій формулювання запиту.

На основі отриманих результатів формується архітектура системи конструювання запитів, яка включає модуль аналізу вхідного завдання, базу знань щодо ефективності різних патернів, механізм вибору оптимальної стратегії та генератор параметризованих запитів. Завершальний етап передбачає програмну реалізацію прототипу системи та його експериментальну апробацію.

Запропонований підхід дозволяє перейти від емпіричного підбору запитів до системного та обґрунтованого їх конструювання, забезпечуючи підвищення ефективності взаємодії з генеративними моделями штучного інтелекту. Розроблена архітектура враховує багатокритеріальність оцінювання та забезпечує адаптивність до різних типів задач і моделей, що визначає перспективність її практичного застосування.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ VPN-ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗПОДІЛЕНИХ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОГО СТЕНДУ В GNS3**

*канд. техн. наук, доц. М.В. Мезенцев, магістр І.В. Мельник, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

У сучасних корпоративних мережах віртуальні приватні мережі (VPN) відіграють ключову роль у забезпеченні конфіденційності та цілісності даних під час їх передачі через відкриті канали зв'язку. Зростання кількості віддалених підрозділів та підвищення вимог до інформаційної безпеки обумовлюють необхідність вибору ефективних VPN-рішень, здатних забезпечити баланс між продуктивністю, надійністю та гнучкістю налаштування. Важливим інструментом дослідження таких рішень є використання віртуалізованих середовищ, що дозволяють відтворювати складні мережеві сценарії без застосування фізичного обладнання.

Метою роботи є моделювання та порівняльний аналіз сучасних VPN-технологій (IPsec, L2TP/IPsec, OpenVPN, WireGuard) із використанням віртуального стенду в середовищі GNS3 та віртуальних маршрутизаторів MikroTik RouterOS.

Для дослідження побудовано віртуальний стенд у GNS3, який моделює розподілену корпоративну мережу з топологією "центральный офіс – три філії". Кожна філія з'єднана з головним офісом через емульовану мережу Internet. У межах стенду послідовно реалізовано різні типи VPN-тунелів між вузлами, що дозволяє проводити їх порівняння в ідентичних умовах. Такий підхід забезпечує високу відтворюваність експериментів і можливість гнучкого масштабування мережевої інфраструктури. Оцінювання ефективності здійснювалося за допомогою генерації трафіку та вимірювання ключових показників якості обслуговування, зокрема пропускної здатності, затримки, джиттера та втрат пакетів. Додатково аналізувався час встановлення VPN-з'єднань, їхня стабільність при зміні мережевих умов і рівень завантаження процесора віртуальних маршрутизаторів. Використання віртуального стенду в GNS3 дозволяє оперативно змінювати параметри мережі, конфігурації протоколів та сценарії навантаження, що значно підвищує ефективність дослідження.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування емуляційного середовища GNS3 як інструменту для аналізу VPN-рішень. Встановлено, що протокол WireGuard забезпечує найвищу продуктивність і найменшу затримку, що робить його ефективним для високонавантажених систем, тоді як OpenVPN характеризується більшою гнучкістю налаштувань і високим рівнем безпеки, що є важливим для складних корпоративних інфраструктур.

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ОБ'ЄКТІВ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

*д-р техн. наук, проф. Р.П. Мигущенко, д-р техн. наук, проф. О.Ю. Кропачек, О.М. Фіногенов, К.Д. Коцкало, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Метою досліджень є розробка апаратного, алгоритмічного і програмного забезпечення пристрою контролю та діагностики стану вузлів складних промислових агрегатів за їх вібраційними параметрами.

Не зважаючи на те, що вібраційна складова вимірювального сигналу, традиційно, відноситься до «шуму», є високочастотною завадою і її вимагають відфільтрувати, дослідження в області побудови систем контролю і діагностики показали, що саме ця складова несе великий обсяг інформації про стан вузлів промислових агрегатів [1, 2]. Тому вибір, в якості корисного сигналу, високочастотної складової загальнопромислового вимірювального сигналу є доречним.

В будь-якому разі, для реалізації мети необхідно поставити і виконати ряд завдань, серед яких:

- здійснити вибір базового вузла промислового агрегату, провести детальний аналіз його структури і функціонування, визначити його основні функціональні параметри, визначити метрологічні характеристики вимірювальних каналів, що здійснюють передачу робочого стану вузла, сформулювати вихідні дані;

- визначити критерії, за якими здійснювати контроль чи діагностику стану вузла при дослідженні, визначитись з математичним апаратом для обробки вимірювальних сигналів, забезпечити створення і реалізацію на практиці діагностичних алгоритмів;

- вивчити вплив сторонніх дестабілізуючих факторів на оцінку стану досліджуваного вузла і запропонувати механізми зменшення таких впливів за рахунок введення поправок та статистичної обробки вимірювальних сигналів;

- розробити елементи апаратного, алгоритмічного і програмного забезпечення пристрою контролю та діагностики стану об'єкту дослідження, здійснити верифікацію результатів шляхом імітаційного моделювання і практичних випробувань;

- перевірити достовірність отриманих результатів на інших аналогічних промислових агрегатах.

Виконання поставлених завдань тісно пов'язане з вибором вузла промислового агрегату. Найбільш доцільним вузлом для досліджень є форсунки дизельних двигунів (ДД) [1]. Вибір зумовлений наступним:

– форсунок є головним елементом паливної системи ДД і є найбільш не надійним вузлом [1];

– встановлені, верифіковані і добре описані типові несправності форсунок [3];

– сформовано велику базу вимірювальних сигналів, які однозначно характеризують її робочий або несправний стан [3];

– виконані дослідження та розроблені пристрої і системи для діагностики стану форсунок ДД в пакетному режимі [1].

В даних дослідженнях ставиться умова розробки діагностичного пристрою з обмеженням на час опрацювання вимірювальних сигналів і створення алгоритмів і програм, що реалізуються в режимі реального часу – on-line. А це, в свою чергу, вимагає вибору відповідного високо швидкісного алгоритму спектральної обробки вимірювальних сигналів.

Вибір сучасних мов програмування, пакетів прикладних програм, дружнього інтерфейсу при формуванні програмного забезпечення, дозволить забезпечити процеси контролю і діагностики пристрою контролю на високому сучасному світовому рівні.

Таким чином, до основних задач досліджень відносяться:

– формування інформаційного базису вимірювальних сигналів для визначення стану об'єкта досліджень;

– вибір методу спектрального перетворення при аналізі стану об'єкта досліджень, який забезпечить роботу в режимі on-line;

– синтез математичної моделі високочастотного об'єкту із зосередженими і розподіленими параметрами;

– формування алгоритмів компенсації зовнішніх дестабілізуючих факторів;

– імітаційне моделювання процесів контролю та діагностики стану об'єкта досліджень;

– аналіз метрологічних характеристик систем контролю та діагностики стану об'єкта досліджень;

– розробка апаратного і програмного забезпечення системи контролю та діагностики;

– верифікація отриманих результатів шляхом імітаційного моделювання і на практиці.

**Список літератури:** 1. *Кропачек О.Ю.* Теоретичні основи аналізу і синтезу комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем діагностування динамічних нестационарних об'єктів: дис. докт. техн. наук: 05.13.05 / Кропачек Ольга Юріївна. – Харків, 2018. – 421 с. 2. *Володарський Є.Т.* Дворівневий структурний аналіз вібродіагностичних сигналів // Є.Т. Володарський, Д.С. Шантир, С.В. Шантир // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2007. – № 1. – С. 171 – 175. 3. *Кропачек О.Ю.* Методи і пристрій контролю віброприскорень стінок паливопроводу високого тиску дизельних агрегатів: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 / Кропачек Ольга Юріївна. – Харків, 2004. – 214 с.

## **ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА**

*бакалавр Д.О. Мізак, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

Підприємства, що займаються технічним контролем транспортних засобів, працюють у досить вимогливих умовах. Кожного року зростають вимоги до якості обслуговування, швидкості обробки даних і прозорості внутрішніх процесів. Якщо використовувати застарілі способи організації роботи та паперовий або напівручний облік, це призводить до втрати часу, появи помилок і зниження загальної ефективності роботи підприємства.

Саме тому виникає потреба у сучасних інформаційних системах, які дозволяють автоматизувати основні процеси та зробити управління більш зручним і швидким для керівництва, а також зменшити залежність від ручних операцій і підвищити загальну стабільність роботи.

У межах цієї роботи розроблено інформаційно-аналітичну систему для автоматизації технічного огляду транспортних засобів, побудовану на мікросервісній архітектурі. Вона складається з окремих модулів, кожен з яких відповідає за свою частину роботи: облік клієнтів, ведення даних про транспортні засоби, запис на технічний огляд, фіксацію результатів перевірок і створення звітів для аналізу та управління.

Вебінтерфейс робить систему зручною у використанні, дозволяє швидко працювати з даними та оновлювати їх у реальному часі, що особливо важливо для оперативної роботи та зменшення затримок у процесах.

Впровадження такої системи дозволяє підприємству працювати ефективніше: менше ручної роботи, швидше опрацювання заявок і кращий контроль усіх процесів. Також покращується якість обслуговування клієнтів і швидкість реагування на їхні запити. Завдяки аналітичним інструментам керівництво може приймати більш обґрунтовані рішення на основі актуальних даних і оцінювати роботу підприємства в динаміці, що допомагає планувати розвиток більш точно.

Система є гнучкою та масштабованою завдяки мікросервісному підходу. Це означає, що її можна легко розширювати та додавати нові функції без порушення роботи вже існуючих компонентів, що робить її придатною для подальшого розвитку і впровадження нових цифрових рішень у майбутньому.

## СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

*д-р техн. наук, проф. М.А. Мірошник, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, канд. техн. наук, доц. Е.М. Кулак, ст. викладач А.М. Мірошник, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

У сучасних застосуваннях комп'ютерного зору значна частина задач пов'язана з аналізом і обробкою зображень, зокрема з детектуванням і розпізнаванням облич. Попри наявність великої кількості класичних алгоритмів, розвиток методів штучного інтелекту та глибинного навчання сприяє їх інтеграції з нейронними мережами, що забезпечує підвищення точності та швидкодії відповідних систем [1–2].

Для реалізації системи розпізнавання обличь обрано мову програмування Python із використанням бібліотеки OpenCV [3]. Алгоритм функціонування в реальному часі включає послідовні етапи: ініціалізацію екстрактора на основі попередньо сформованих векторів ознак, захоплення відео потоку з камери, детектування облич у кадрі, нормалізацію зображення та формування ознак. Отримані вектори порівнюються з еталонною базою даних для визначення ймовірної ідентичності. Результати мають імовірнісний характер і залежать від якості зображення, умов освітлення, роздільної здатності камери та варіацій міміки користувача [4].

Експериментальне дослідження макетного зразка підтвердило стабільність роботи програмного забезпечення та відповідність часу реакції заданим параметрам. Найбільш ресурсоємним етапом є формування бази даних, тоді як подальше функціонування системи відзначається високою швидкістю. Обробка нештатних ситуацій реалізована відповідно до алгоритмів, однак продуктивність системи залежить від апаратних характеристик обчислювальної платформи та параметрів відеокamera.

**Список літератури:** 1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016 (reprint 2021). – 775 p. – ISBN 978-0-262-03561-3. 2. Zhang Z. *Deep Learning for Vision Systems*. – Shelter Island, NY: Manning Publications, 2021. – 520 p. – ISBN 978-1-61729-619-2. 3. Matthes E. *Python Crash Course*. – 2nd ed. – San Francisco: No Starch Press, 2019. – 544 p. – ISBN 978-1-59327-928-8 4. Szeliski R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2022. – 979 p. – DOI: 10.1007/978-3-030-34372-9.

## ПАРСИНГ НЕСТРУКТУРОВАНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ БАГАТОГРАННИКІВ

*асп. М.Ю. Морозова, канд. техн. наук, доц. О.С. Сидоренко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Стрімкий розвиток обчислювальної геометрії і машинного навчання зумовлює потребу в нових підходах до задач розпізнавання, класифікації і дослідження геометричних даних. Однак досить часто такі дані представлені у вигляді багаторівневих ієрархічних структур, наприклад, абстрактних синтаксичних дерев [1]. Нерідко така структура є поширеною у наборах, що підтримуються системами комп'ютерної алгебри, зокрема Wolfram Mathematica [1]. При цьому алгоритми статистичного аналізу вимагають подання даних як ознакових просторів у вигляді двовимірних таблиць, де кожен рядок відповідає одному об'єкту, а стовпець — його кількісній метриці [2]. Це, в свою чергу, призводить до необхідності вибору нестандартних підходів у процесах парсингу інформації.

У стандартному вигляді багатогранник є складною структурою, яка поєднує метричні і топологічні властивості. При представленні таких об'єктів у наборах даних вони являють собою специфічну ієрархію. Через надмірну вкладеність і наявність математичних символів, стандартні принципи парсингу не завжди дозволяють організувати дані у табличний формат. Для вирішення цієї проблеми доцільно застосовувати наступні три послідовні етапи: ієрархічне декодування даних, очищення та типізація даних, формування простору ознак. Це дозволяє подавати інформацію з набору за допомогою різних бібліотек програмування, наприклад *pandas*.

Запропоновані підходи допомагають подолати розбіжності між складними структурами даних та вимогами до їхнього програмування і подальшого аналізу. В свою чергу, зведення багаторівневих структур до більш простого вигляду (у формі таблиць ознак) дає змогу застосовувати до них методи описової статистики, зокрема, виявляти і класифікувати геометричні фігури у межах набору на основі їхніх характеристик. Найбільш перспективними такі підходи можуть бути у задачах розпізнавання унікальних об'єктів, наприклад багатогранників з абсолютною симетрією.

**Список літератури:** 1. Hosseinpour S., Milani M. M. R. A., Pehlivan H. A step-by-step solution methodology for mathematical expressions. *Symmetry*. 2018. Vol. 10, №7. Art. 285. 2. Wickham, H. Tidy data. *Journal of Statistical Software*. 2014. Vol. 59, №10. P. 1–23.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСТОТИ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ АВТОНОМНОГО ІНВЕРТОРА НАПРУГИ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМУМУ ДОДАТКОВИХ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ**

*канд. техн. наук, доц. В.П. Нерубацький, Український державний  
університет залізничного транспорту, м. Харків*

Сучасні асинхронні електроприводи з автономними інверторами напруги широко застосовуються у промисловості та транспорті завдяки високій ефективності та гнучкості керування. Їх енергетична ефективність значною мірою визначається режимами широтно-імпульсної модуляції, що формують спектральний склад вихідної напруги та рівень додаткових втрат потужності. Додаткові втрати в електроприводі зумовлені наявністю вищих гармонік струму, які викликають підвищене нагрівання обмоток асинхронного двигуна, а також втратами в напівпровідникових ключах інвертора. Ці втрати залежать від частоти широтно-імпульсної модуляції, яка визначає інтенсивність комутацій і гармонічний склад струмів.

Математичне моделювання дозволяє формалізувати залежності між параметрами модуляції, гармонічними спотвореннями та сумарними втратами потужності. Асинхронний електропривод при цьому розглядається як нелінійна електромеханічна система з взаємопов'язаними електромагнітними та комутаційними процесами.

Оптимізація частоти широтно-імпульсної модуляції полягає у визначенні такого її значення, за якого сумарні додаткові втрати потужності досягають мінімального рівня. При цьому враховується компроміс між зменшенням гармонічних втрат у двигуні при підвищенні частоти модуляції та збільшенням комутаційних втрат у силових транзисторах інвертора.

Математична модель, що використовується для аналізу, включає опис електромагнітних процесів в асинхронному двигуні з урахуванням гармонічного складу струмів, а також моделі втрат у напівпровідникових елементах, які залежать від частоти перемикання та режиму навантаження. На основі такої моделі виконується чисельний аналіз для визначення оптимальної частоти широтно-імпульсної модуляції для заданих параметрів системи електропривода.

Отримані результати математичного моделювання можуть бути використані при проектуванні та налаштуванні систем керування асинхронними електроприводами з автономними інверторами напруги, що дозволяє підвищити їх енергетичну ефективність, зменшити теплові навантаження на елементи системи та підвищити загальну надійність роботи.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОКОНСОЛІДАЦІЇ ПРИ СТВОРЕННІ ВИСОКОРЕСУРСНИХ КЕРАМІЧНИХ КОМПОЗИТИВ**

*канд. техн. наук, доц. В.П. Нерубацький, канд. техн. наук, доц. А.О. Каграманян, канд. техн. наук, доц. Г.Л. Комарова, канд. техн. наук, доц. О.С. Зінченко, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

Сучасний етап технологічного відновлення стратегічних галузей України – від оборонно-промислового комплексу до об'єктів критичної енергосистеми – вимагає впровадження багатофункціональних керамічних матеріалів нового покоління. Матеріали на основі систем  $ZrO_2(3 \text{ мол.}\% Y_2O_3)-X$ , де  $X = WC, SiC, Al_2O_3-SiC$  розглядаються як перспективна матеріалознавча платформа для створення високонавантажених елементів, що працюють у зонах інтенсивної ерозії, кавітації та термічного удару. Проектування таких нанокмозитів базується на синергії передових методів консолідації та багатокритеріального комп'ютерного моделювання їх фізико-технологічних параметрів. На етапі підготовки шихти досліджено закономірності формування нанорозмірних часток та встановлено взаємозв'язок між фазовим складом вихідних порошків і морфологією зерен у фінальному виробі. Особлива увага приділяється стабілізації високотемпературних модифікацій діоксиду цирконію, що забезпечує реалізацію механізму трансформаційного зміцнення. Це дозволяє суттєво гальмувати розвиток магістральних тріщин та підвищувати структурну цілісність деталей за умов динамічного навантаження.

Імітаційне моделювання еволюції структури при електроконсолідації дозволяє кількісно оцінити нелінійний вплив тиску (до 60 МПа) та електромагнітного поля, що інтенсифікує масоперенос і дифузійні процеси на міжчастинкових контактах. Аналіз інтенсивності локальних мікророзрядів дає змогу оптимізувати нагрів (150–200 °C/хв), забезпечуючи ефективне ущільнення з мінімізацією залишкової пористості при одночасному обмеженні рекристалізації та росту зерен. Оцінка тріщиностійкості за аналітичними моделями (зокрема типу Касвілла–Еванса) показує досягнення значень на рівні  $16,2 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$  у поєднанні з твердістю понад 20 ГПа, що свідчить про високий потенціал матеріалів для виготовлення зносостійких компонентів турбомашин, заірної арматури енергетичних систем та високоточного інструменту. Впровадження результатів моделювання у виробничий цикл сприяє підвищенню ресурсу вузлів (орієнтовно у 3–5 разів) та зниженню енерговитрат процесу (до 70 %), що визначає їхню перспективність для розвитку високотехнологічного виробництва.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ ТА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕСОРА ДЛЯ САЙДКАР-КОМПОНЕНТІВ У ПЛАТФОРМІ KUBERNETES**

*асп. С.В. Носко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Відомо, що сучасні розподілені мікросервісні системи у промислових масштабах розгортаються на основі оркестратора Kubernetes. Кожен сайдкар-компонент, що розміщений у поді разом з основним мікросервісом, споживає додаткові системні ресурси – оперативної пам'яті та центрального процесора [1]. За умови масштабних інсталяцій (сотні та тисячі подів), неоптимальне налаштування параметрів виділення ресурсів (requests та limits) призводить або – до значного перевитрачання дорогих хмарних ресурсів кластера, або – до нестабільності роботи мікросервісів за процесорним тротлінгом, а також – до аварійного завершення контейнерів при стрибках навантаження [2].

Таким чином, розробка обґрунтованих рекомендацій щодо розгортання сайдкар-компонентів, які дозволять оптимізувати розподіл ресурсів оперативної пам'яті та центрального процесора без втрати ефективності та стабільності роботи мікросервісної системи є актуальною науковою задачею.

Метою доповіді є оптимізація розподілу ресурсів оперативної пам'яті та центрального процесора при розгортанні сайдкар-компонентів у промислових середовищах на платформі Kubernetes.

У доповіді проведено аналіз існуючих підходів до квотування ресурсів у контейнеризованих мікросервісних архітектурах. Відмічено, що традиційне статичне виділення ресурсів "із запасом" є економічно неефективним.

Запропоновано комплексний підхід до конфігурування сайдкарів, який оснований на динамічному профілюванні навантаження та аналізі історичних метрик споживання. Представлено рекомендації щодо диференційованого налаштування класів обслуговування для подів із сайдкар-компонентами, а також підходи до визначення оптимальної різниці між requests та limits. Впровадження запропонованих рекомендацій дозволяє мінімізувати "холосте" споживання ресурсів кластера, підвищити загальну стійкість мікросервісної архітектури до пікових навантажень та суттєво оптимізувати фінансові витрати на інфраструктуру.

**Список літератури:** 1. Носко С.В., Бульба С.С., Коломійцев О.В., Черних О.П., Панченко В.І. Спосіб високоефективної реалізації сайдкар компонента з мінімальними витратами системних ресурсів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава: Полтавський національний технічний університет ім. Кондратюка. 2025. – Вип. 2(80). С. 161–168. – <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.161>. 2. Коломійцев О.В., Бульба С.С., Носко С.В. та ін. Оцінка ефективності удосконаленої і розроблених математичних моделей та методу адаптивної обробки запитів для сайдкар-компонента у розподілених мікросервісних системах. *ГРААЛЬ НАУКИ: міжнар. наук. журнал*. – Вінниця: ГО "СН платформа"; НУ "Інститут наук.-техн. інтеграції та співпраці", 2026. – No 61. – С. 742-761. – DOI 10.36074/grail-of-science.23.01.2026.

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

*д-р техн. наук, проф. В.І. Носков, д-р техн. наук,  
проф. С.Ю. Гавриленко, асп. М.В. Гейко, Національний технічний  
університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Використання в електропередачах (ЕП) асинхронних двигунів (АД) забезпечує високі тягові властивості та економічні показники локомотивів. Для регулювання режимів роботи АД в схемі ЕП передбачено живлення від статичних перетворювачів частоти.

Надійна експлуатація локомотивів із тяговими АД вимагає застосування технології діагностування стану цих двигунів, які працюють у важких умовах (вони схильні до динамічних впливів від колісних пар при русі по нерівностях шляху, боксування та юзу, кліматичним впливам навколишнього середовища та ін.). Порушення в роботі АД можуть бути викликані електричними або механічними пошкодженнями в його вузлах: статорі, роторі, підшипниках.

Для створення ефективної технології діагностування технічного стану тягових АД розробляються імітаційні моделі, на яких досліджуються аварійні режими та визначаються діагностичні ознаки, які прийнятні для встановлення моментів, що передують виникненню аварійних режимів. До таких ознак віднесені напруга і фазні струми живлення АД, їх гармонійний склад, температура обмоток, частота обертання і биття частоти обертання ротора [1]. Для отримання інформації про ці параметри використовуються датчики, сигнали від яких надходять в систему, яка, в загальному випадку, складається з пристрою обробки інформації та виконавчого пристрою, і яка є складовою частиною загальної схеми управління ЕП.

Обробка сигналів виконується комп'ютерною системою за розробленими програмами з використанням різних моделей АД [2]. В окремих випадках ця інформація відображається на екрані машиніста. Відпрацьовані на моделях рішення щодо технології діагностування АД були впроваджені у схемі керування ЕП українського дизель-поїзда ДЕЛ-02.

**Список літератури:** 1. Контроль використання потужності дизеля на тягу в умовах експлуатації дизель-поїздів / В.І. Носков, С.Ю. Гавриленко, М.В. Гейко, В.І. Панченко. – Системи управління, навігації та зв'язку. – 2024. – Вип. 4 (78). – С. 38 – 41. 2. Боднар Є.Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є.Б. Боднар. – Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2014. – № 1 (49). – С. 68 – 74.

## СТРУКТУРНА РЕДУКЦІЯ ГРАФІВ ЯК МЕХАНІЗМ НАВЧАННЯ БЕЗ ЗВОРОТНОГО ПОШИРЕННЯ ПОМИЛКИ

*асп. К.М. Перевозник, асп. М.О. Лапін, канд. техн. наук, доц. К.О. Бохан, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків; д-р техн. наук, проф. Ю.В. Паржин, Augusta University, м. Огаста, США*

Глибокі нейронні мережі досягають високої точності у класифікації зображень, проте залишаються непрозорими: їхні внутрішні представлення не піддаються безпосередньому розгляду, а post-hoc методи пояснення, такі як LIME та SHAP, є доведено вразливими до змагальних атак [1]. Ми представляємо альтернативну парадигму, у якій клас представлений не тензором wag, а атрибутованим *концепт-графом*, топологія та атрибути вузлів якого кодують структурні інваріанти, спільні для навчальних прикладів цього класу.

Вхідне зображення спочатку зводиться до контурного скелету, а потім до графа критичних точок – кінцевих точок, кутів та перетинів – з'єднаних ребрами з геометричними атрибутами, такими як нормалізована позиція, орієнтація та кількість циклів [2]. Для послідовності таких графів одного класу алгоритм ітеративно обчислює їхній максимальний спільний мінор: стягує ребра та перетинає атрибути, доки залишиться лише структура, збережена на всіх спостереженнях. Отриманий концепт-граф є структурною нижньою межею свого класу, сформованою без функції втрат, обчислення градієнтів чи будь-якого оновлення параметрів [3, 4]. Структурно неоднорідні класи представляються декількома концепт-графами, що додаються інкрементально без перенавчання. Класифікація зводиться до задачі графової подібності: невідомий вхідний граф порівнюється з кожним концепт-графом за метрикою Graph Edit Distance з класово-адаптованими витратами на заміщення [5], і найближчий концепт перемагає. На повному тестовому наборі MNIST тринадцять концепт-графів, вивчених приблизно зі ста прикладів, досягли точності 73,69% (F1 73,29%), з покласовою F1 понад 88% для структурно виразних цифр, що підтверджує досяжність конкурентоспроможного розпізнавання без зворотного поширення помилки з використанням компактних та повністю інтерпретованих структурних концептів.

**Список літератури:** 1. *Slack D., Hilgard S., Jia E., Singh S., Lakkaraju H.* Fooling LIME and SHAP: adversarial attacks on post hoc explanation methods. Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society: AIES '20. New York: ACM, 2020. P. 180–186. DOI: 10.1145/3375627.3375830. 2. *Parzhin Y., Galkyn S., Sobol M.* Method for binary contour images vectorization of hand-written characters for recognition by detector neural networks. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2022. P. 1–6. 3. *Parzhin Y.* Architecture of information: preprint. arXiv. 2025. arXiv:2503.21794.

DOI: 10.48550/arXiv.2503.21794. **4.** *Parzhyn Y., Lapin M., Bokhan K.* A new approach to building energy models of neural networks. *Advanced Information Systems*. 2025. Vol. 9, no. 4. P. 100–119. DOI: 10.20998/2522-9052.2025.4.13. **5.** *Riesen K., Bunke H.* Approximate graph edit distance computation by means of bipartite graph matching. *Image and Vision Computing*. 2009. Vol. 27, no. 7. P. 950–959.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТАБЛИЧНИХ ДАНИХ

студ. О.В. Петлак, д-р техн. наук, проф. С.Ю. Гавриленко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

Системи виявлення вторгнень (IDS) є активною складовою кібербезпеки. Однак зі збільшенням обсягу та складності атак, ефективність моделей часто знижується. Одним із перспективних напрямків розробки нових моделей є використання нейронних мереж. Нейронні мережі здатні аналізувати послідовності та знаходити в них складні закономірності. Вони значно перевершують класичні моделі машинного навчання (*Random Forest, KNN, SVM*) під час роботи з великими обсягами трафіку, зашифрованими пакетами та *zero-day* атаками [1].

В даній роботі досліджено ефективність використання моделей на основі Multi-Level Perceptron (MLP), TabNet, Feature Tokenizer Transformer (FTT) та Neural Oblivious Decision Ensembles (Node) при обробці табличних даних. У якості вихідних даних використано набір Edge-ІоТ-2022, який є одним із найсучасніших і найповніших датасетів для розробки та тестування IDS у середовищах ІоТ та ІоТ. Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Оцінка якості моделей виявлення вторгнень

Модель	Точність	F1-score	Кількість епох	Час тренування (с)	Час класифікації (с)
MLP	0,945	0,941	50	550	0,29
TabNet	0,918	0,903	3	1101	6,23
FTT	0,916	0,897	3	3509	58,47
Node	0,911	0,886	10	1270	10,74

Отримано, що MLP модель є більш якісною та потребує меншого часу для навчання та тестування. Це може бути обґрунтовано тим, що MLP краще працює, коли зв'язок між ознаками має плавний або нелінійний розподіл. Крім того, MLP обробляє всі ознаки одночасно, дозволяючи моделі бачити глобальні взаємодії між ними без примусового "розрідження", тоді як, наприклад, TabNet може помилково відсікати частину значущої інформації на етапі маскування, що також призводить до перенавчання. Результати дослідження показали, що вибір моделі залежить від вхідних даних, та не завжди потребує використання ресурсоемних моделей.

**Список літератури:** 1. Mohamed Amine Ferrag, "Edge-IoTset: A New Comprehensive Realistic Cyber Security Dataset of IoT and IIoT Applications: Centralized and Federated Learning", *IEEE Dataport*, January 18, 2022.

## СТАН ТА ВИКЛИКИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РЕЦЕНЗУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОДУ

*здобувач освіти В.С. Петренко, д-р техн. наук, проф. О.Г. Гурко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків*

Відповідно до стандартів ІЕС 61508, ISO 26262 та DO-178C рецензування коду є обов'язковим етапом забезпечення якості програмного забезпечення у системах критичного призначення. Через складність сучасних кодових баз інженери дедалі частіше звертаються до автоматизованих засобів рецензування коду.

В еволюції автоматизованого рецензування простежуються три покоління. Перше – статичні аналізатори правил, які забезпечують передбачуваність та підтримку галузевих стандартів. Так основним нововведенням стандарту MISRA C:2025 є те, що до AI-згенерованого коду ставляться ті самі вимоги, що й до написаного людиною. Друге покоління спирається на машинне навчання та адаптується до історичних патернів кодових баз. Третє ґрунтується на великих мовних моделях: CodeRabbit, Cursor тощо. Паралельно розвивається гібридний напрямок, який поєднує статичний аналіз з мовними моделями, що покращує релевантність та повноту згенерованих коментарів.

Статистика виявляє парадокс: хоча 90% розробників використовують AI-інструменти [1], рівень недовіри до результатів зростає – з 31% до 46% за рік [2]. Водночас задача автоматизованого рецензування залишається мало представленою у літературі [3].

Визначено наступні виклики автоматизованого рецензування коду:

1. Прозорість процесу, оскільки низький відсоток прийняття рекомендацій пов'язаний з нерозумінням інженером логіки висновку системи.

2. Врахування контексту проекту: поки що моделі погано адаптуються до конвенцій команди, історії змін та проектною специфіки.

3. Відповідність галузевим стандартам для AI-згенерованого коду.

Подальші дослідження варто спрямувати на пояснювальні механізми та контекстну адаптацію.

**Список літератури:** 1. Google Cloud. 2025 DORA Report. URL: <https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/announcing-the-2025-dora-report>. 2. Stack Overflow. 2025 Developer Survey. URL: <https://survey.stackoverflow.co/2025/ai> 3. Cao S., Sun X., Widyasari R., Lo D. Et al. A Systematic Literature Review on Explainability for Machine/Deep Learning-based Software Engineering Research // arXiv:2401.14617. 2024.

## METHODS OF DENOISING MEDICAL IMAGES BASED ON WAVELET TRANSFORM

*PhD student M.E. Petrov, dr. eng. sc., prof. A.I. Povoroznyuk, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

Medical images (CT, MRI, mammograms) are an important source of diagnostic information; however, their quality is often degraded due to the presence of noise of various types (gaussian, impulse, speckle), which complicates the detection of pathologies and reduces the accuracy of automated diagnostic systems. Modern approaches to image processing actively use the wavelet transform, which makes it possible to effectively analyze a signal at different scales and extract useful image components [1]. Thanks to multilevel signal decomposition, wavelet analysis enables noise localization both in the spatial and frequency domains, making it a promising tool for denoising medical images [2].

The basis of most methods is the discrete wavelet transform (DWT), which allows decomposing an image into a set of coefficients corresponding to different frequency components. Noise is typically concentrated in high-frequency components, which makes it possible to filter it effectively [2]. One of the most common approaches is thresholding of wavelet coefficients, which includes hard thresholding and soft thresholding. These methods reduce the amplitude of noise components without significant loss of useful information [2]. In addition, adaptive methods are also being used, which take into account local image properties. For example, combining wavelet decomposition with local contrast enhancement methods allows improving image quality while preserving structural details [3].

The work considers the problem of denoising medical images using the wavelet transform. The work has analyzed the main approaches to wavelet signal decomposition and methods for processing coefficients.

**References:** 1. Serdenko T.V., Liashko K. Signal encoding based on wavelet analysis. Modeling and Information Systems in Economics. 2023. No. 103. pp. 188–196. <http://doi.org/10.33111/mise.103.16> (accessed: 15.04.2026). 2. Maistrenko V. M., Lytvyn V. S., Holubenko L. P. Application of wavelet transform for processing medical signals and images. Bulletin of NTUU "KPI". Instrument Engineering: collection of scientific works. 2005. Issue 29. pp. 142–150. 3. Yavorska Ye. B., Hryniuk I. O. Method of adaptive interference compensation in introsopic imaging based on wavelet analysis and local contrast filtering. Bulletin of VPI. Issue 5. pp. 83–88. October 2025.

## РОЗРОБКА СЕРВІСУ ДИСТАНЦІЙНОГО ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ YOLO ТА ПЛАТФОРМИ EDGE AI

*канд. техн. наук, доц. А.О. Подорожняк, студ. Д.В. Лифар, студ. А.М. Стась, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Актуальність проблеми гуманітарного розмінування в Україні зумовлена безпрецедентним масштабом забруднення територій вибухонебезпечними предметами (ВНП). За оцінками, близько третини площі країни потребує обстеження, що за існуючого рівня очищення може тривати десятки років. Основними недоліками традиційних підходів є низька продуктивність (15–25 м<sup>2</sup> на сапера за день) та високий ризик для життя фахівців [1, 2].

У доповіді наведено опис розробки елементів сервісу для дистанційного виявлення ВНП у реальному часі за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та алгоритмів комп'ютерного зору.

Для реалізації системи обрано такі технічні рішення:

– модель штучного інтелекту (ШІ): YOLOv11s, яка оптимізована для швидкості та точності на мобільних пристроях [3];

– апаратна платформа для EDGE AI: одноплатний комп'ютер Raspberry Pi у поєднанні з ШІ-прискорювачем, що забезпечує продуктивність до 26 TOPS;

– носій: 10 дюймовий гексакоптер із польотним контролером SpeedyBee V4 та прошивкою INAV.

Навчання моделі проводилося на комбінованому наборі із Roboflow [4] та результатам польових випробувань із застосуванням методів аугментації. Результатом роботи є система, здатна здійснювати автоматизоване виявлення, класифікацію та геоприв'язку ВНП безпосередньо на БПЛА. Це дозволяє мінімізувати затримки передачі даних та надавати оператору актуальну карту ризиків у реальному часі.

**Список літератури:** 1. *Podorozhniak A.* Mobile explosive object detection system for humanitarian demining needs / *A. Podorozhniak, N. Liubchenko, O. Skorlupin, S. Korolenko, A. Stas* // 2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288620>. 2. *Levchenko D.* Tools and methods for explosive objects detection using artificial intelligence and computer vision / *D. Levchenko, A. Podorozhniak, N. Liubchenko* // Control, Navigation and Communication Systems. 2025. No. 3 (81). P. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117>. 3. Ultralytics YOLOv11 Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.ultralytics.com/>. 4. 3. Train YOLOv8 on a Custom Dataset – *Roboflow Blog*. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://blog.roboflow.com/how-to-train-yolov8-on-a-custom-dataset/>.

## **СИСТЕМА З ВБУДОВАНИМ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІН З ВИКОРИСТАННЯМ STM32 ТА YOLO**

*канд. техн. наук, доц. А.О. Подорожняк, канд. техн. наук, доц. Н.Ю. Любченко, студ. Д.В. Олексієнко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Актуальність автономних систем для гуманітарного розминування зумовлена високими ризиками для саперів та потребою в безпечних технологіях. Розвиток Edge AI дозволяє реалізувати повноцінний штучний інтелект безпосередньо на бортових мікроконтролерах без залежності від хмарних сервісів чи потужних персональних комп'ютерів, що забезпечує автономність, енергоефективність та реальний час обробки [1, 2].

У доповіді наведено опис розробки системи Edge AI для розпізнавання мін на базі мікроконтролерів STM32 та моделі AI YOLO, обраних за високу енергоефективність та інтеграцію периферії. Обробка відео здійснюється через інтерфейси DMA та DCMІ у STM32CubeMX, що дозволяє передавати кадри з камери безпосередньо в пам'ять без навантаження на CPU, звільняючи ресурси для роботи нейронної мережі. Для подолання обмежень Flash-пам'яті (основної проблеми embedded-систем) модель YOLOv8 квантизовано до INT8, що зменшує розмір, зберігає точність та забезпечує виявлення об'єктів у реальному часі [3, 4].

Налагодження та тестування проведено в емуляторі Renode. Запропонований підхід демонструє можливості Edge AI на низькоресурсних чіпах, відкриваючи шлях до недорогих масових рішень для гуманітарного розминування. Перспективи включають інтеграцію з мультисенсорними системами та подальшу оптимізацію для серійного виробництва, що модернізує національну безпеку.

**Список літератури:** 1. *Podorozhniak A. Mobile explosive object detection system for humanitarian demining needs / A. Podorozhniak, N. Liubchenko, O. Skortupin, S. Korolenko, A. Stas // 2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288620>. 2. *Levchenko D. Tools and methods for explosive objects detection using artificial intelligence and computer vision / D. Levchenko, A. Podorozhniak, N. Liubchenko // Control, Navigation and Communication Systems. 2025. No. 3 (81). P. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117>. 3. *Ultralytics YOLOv8 Documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.ultralytics.com/>. 4. *Oleksiienko D. Mine detection ai system / D. Oleksiienko, N. Liubchenko, A. Podorozhniak // Проблеми інформатизації: тези доп. тринадцятої міжнар. НТК, 27-28 листопада 2025 р., м. Баку, м. Харків, м. Бельсько-Бяла: [у 4 т.]. Т. 3. – Харків: НТУ "ХПИ", 2025. – С. 145. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/97699>.****

## КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР НА YOLO ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ: ОПТИМІЗОВАНА МОДЕЛЬ ДЛЯ КРАЙОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ НА БЕЗПІЛОТНИХ ПЛАТФОРМАХ

*канд. техн. наук, доц. А.О. Подорожняк, асп. О.В. Скорлупін, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Актуальність задач автоматизованого виявлення вибухонебезпечних об'єктів зумовлена розвитком інформаційних технологій та вимогами до безпеки територій, особливо в гуманітарному розмінванні. Тому зростає роль автономних безпілотних систем з інтелектуальною обробкою даних [1, 2].

У доповіді наведено методологію інтегрованої комп'ютерної системи для розпізнавання вибухонебезпечних об'єктів у реальному часі. Основою стали методи комп'ютерного зору на базі згорткових нейронних мереж, що ефективно аналізують візуальну інформацію за складних умов: фонові шуми, варіації освітлення, різне розташування цілей [3].

Для виявлення обрано архітектуру YOLO, відому швидкістю та роботою в режимі моніторингу. Застосовано спрощену версію, оптимізовану для малопотужних пристроїв безпілотних платформ, що забезпечує функціонування за обмежених ресурсів. Сформовано тренувальний набір з зображень вибухонебезпечних об'єктів, враховуючи різні кути огляду, освітлення та часткове приховування. Проведено попередню обробку та аугментацію для підвищення узагальнення моделі. Методика адаптується для пошуку інших небезпечних об'єктів, відкриваючи перспективи універсальних систем моніторингу.

Подальші дослідження плануються у напрямках розширення наборів даних, інтеграції тепловізійних і глибинних сенсорів для точності за обмеженої видимості, оптимізації моделей для обмежених ресурсів.

**Список літератури:** 1. *Podorozhniak A. Mobile explosive object detection system for humanitarian demining needs / A. Podorozhniak, N. Liubchenko, O. Skorlupin, S. Korolenko, A. Stas // 2025 IEEE 6th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61436.2025.11288620>. 2. *Levchenko D. Tools and methods for explosive objects detection using artificial intelligence and computer vision / D. Levchenko, A. Podorozhniak, N. Liubchenko // Control, Navigation and Communication Systems. 2025. No. 3 (81). P. 117–121. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.117>. 3. *Скорлупін О. В. Розробка сервісу для гуманітарного розмінвання / С. О. Королєнко, А. К. Рибалка, О. В. Скорлупін, А. О. Подорожняк // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: тези доп. 14-ї міжнар. НТК, 25-26 квітня 2024 р. Т. 1. – Харків: Impress., 2024. – С. 67. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/76915>.***

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЛЯ НАВИГАЦІ СКЛАДСЬКИХ АГЕНТІВ У ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

*асп. О.Ю. Посашков, докт. техн. наук, доц. О.М. Цимбал, Національний технічний університет "Харківський університет радіоелектроніки", м. Харків*

Проблема ефективного функціонування автономних транспортних одиниць на сучасних складах нерозривно пов'язана з непередбачуваністю робочого середовища. У намагаємось вирішити та покращити вибор оптимального математичного апарату для керування роботами, коли класичні детерміновані алгоритми перестають справлятися з інтенсивним трафіком та динамічними перешкодами [1].

Необхідно провести аналіз чотирьох різних парадигм, кожна з яких по-різному інтерпретує невизначеність середовища:

- Евристичні підходи – спираються на жорстку логіку експертних правил, ефективні в типових ситуаціях, але обмежені в гнучкості.
- Марковські ланцюги – дозволяють моделювати стохастичні переходи між станами системи, забезпечуючи здатність до прогнозування.
- Нечіткі множини – згладжують процес прийняття рішень в умовах неточних даних.
- Імовірнісне планування – фокусується на мінімізації ризиків зіткнень у реальному часі.

У ході дослідження кожен метод тестується в ізольованих сценаріях. Однак результати показують, що ізоляція підходів призводить до "вузьких місць": або до надмірних обчислень, або до втрати стійкості маршруту. У зв'язку з цим у роботі обґрунтовується перехід до багаторівневої архітектури, де сильні сторони обраних методів компенсують недоліки один одного. Порівняльна оцінка за метриками енергоефективності та мінімізації простоїв підтверджує, що саме інтеграційне рішення забезпечує необхідну живучість системи в реальних виробничих умовах.

**Список літератури:** 1. Belter J. Motion Trajectory Prediction in Warehouse Management Systems: A Systematic Literature Review / J. Belter, M. Hering, P. Weichbroth // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, № 17. – Article 9780. – DOI: 10.3390/app13179780.

## **МОДЕЛЬ ВИБОРУ СТРАТЕГІЇ АДАПТАЦІЇ ВЕБЗАСТОСУНКУ ДО МЕРЕЖЕВИХ ОБМЕЖЕНЬ**

*асп. А.О. Приліпа, д-р техн. наук, проф. Г.Є. Філатова, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

У сучасних вебзастосуваннях ефективність взаємодії з користувачем значною мірою визначається здатністю системи реагувати на мережеві обмеження, зокрема низьку пропускну здатність, високу затримку та тимчасову втрату підключення. Традиційні підходи до оптимізації, засновані на статично заданих механізмах кешування, синхронізації та попереднього завантаження даних, не забезпечують належної гнучкості за умов динамічних змін характеристик мережі. У зв'язку з цим актуальним є розроблення моделі, яка дає змогу обґрунтовано обирати стратегію адаптації вебзастосування відповідно до поточного стану мережевого середовища.

У роботі запропоновано модель вибору стратегії адаптації, у якій процес прийняття рішень подано як відображення множини мережевих станів на множину допустимих адаптаційних дій. Вхід моделі утворюють вимірювані мережеві параметри та похідні показники. На основі сформованого вектора ознак визначається один із дискретних станів системи: сприятливий, помірно обмежений, критично обмежений або автономний. Для кожного стану задаються стратегія адаптації, режим синхронізації, рівень деградації контенту, параметри повторних спроб і поведінка локальної черги операцій.

Наукова новизна полягає у формалізації вибору стратегії адаптації як керованого процесу відображення стану мережі на множину дій, що, на відміну від статичних підходів, дозволяє враховувати змінний характер мережевого середовища та узгоджено керувати параметрами адаптації. Практичне значення моделі полягає у можливості підвищити успішність завершення критичних операцій, зменшити затримки і забезпечити стійку роботу вебзастосування в умовах нестабільного з'єднання. Додатковою перевагою запропонованого підходу є можливість подальшого розширення моделі за рахунок використання правил гістерезису, порогів перемикання та машинного навчання для уточнення меж між станами. Це створює підґрунтя для побудови прозорих, відтворюваних і практично придатних механізмів адаптації у вебсистемах, орієнтованих на роботу в умовах обмежених мереж.

Таким чином, використання запропонованої моделі дає змогу системно обґрунтовувати адаптаційні рішення та підвищувати ефективність вебзастосувань в умовах нестабільного мережевого середовища.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБЛІКУ КЛІЄНТІВ ТА ГЕНЕРАЦІЇ ЗВІТНОСТІ ЗАСОБАМИ DJANGO-СИСТЕМ

студ. Г.В. Примак, канд. техн. наук, доц. О.В. Ліпчанська,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків

У сучасних бізнес-процесах ефективно управління клієнтською базою є критичним для виживання компаній. Традиційні методи обліку (Excel, паперові носії) не забезпечують цілісності даних та оперативності аналізу. Розробка власної веборієнтованої CRM-системи на базі сучасних фреймворків дозволяє автоматизувати специфічні процеси, уникаючи надмірної складності та високої вартості комерційних рішень.

Метою роботи є проєктування та програмна реалізація інформаційної системи для комплексної автоматизації обліку клієнтів, контролю етапів взаємодії та автоматичного формування вихідної аналітичної документації.

В ході виконання роботи було спроектовано та впроваджено CRM-систему на основі архітектурного шаблону MTV (Model-Template-View). Ключовими технічними досягненнями проєкту є:

- забезпечення цілісності даних: проєктування реляційної бази даних у третій нормальній формі (3NF) та використання складних зв'язків ("багато-до-багатьох") для каталогу послуг дозволило унеможливити дублювання інформації та втрату історії комунікацій.

- мінімізація "людського фактору": впроваджено багаторівневу валідацію серверних форм та автоматичне логування взаємодій із часовими мітками, що гарантує достовірність даних.

- підсистема генерації звітності: за допомогою бібліотек *openxml* та *reportlab* реалізовано алгоритми миттєвого експорту аналітики у форматі Excel та PDF з повною підтримкою кириличної типографіки.

- користувацький інтерфейс: розроблено адаптивний UI (технологія Flexbox) в авторській стилістиці "Cosmic Theme", що забезпечує низьке когнітивне навантаження на персонал.

Створено масштабоване програмне рішення, яке забезпечує захист комерційних даних через розмежування прав доступу (Staff/Superuser). Практична цінність полягає у суттєвому скороченні часу на підготовку звітності та підвищенні прозорості операційної діяльності підприємства. Розроблена система є стійким до відмов продуктом, що успішно автоматизує повний цикл взаємодії з клієнтом і відповідає сучасним стандартам веброботи.

## **NUMERICAL SIMULATION AND OPTIMIZATION OF GEAR TRANSMISSIONS FOR ELECTRIC-DRIVE VEHICLES USING MACHINE-LEARNING ALGORITHMS**

*PhD, assoc. prof. Roman Protasov, Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia; C. Sc. assoc. prof. O.V. Bondarenko, C. Sc., assoc. prof. O.V. Ustynenko, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv; D. Sc, prof. B.S. Vorontsov, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv*

Electric-drive vehicles – passenger cars, urban buses, and trucks – are seeing increasingly widespread adoption. The transition to electric traction is accompanied by a number of specific engineering challenges. One of these is matching the high rotational speed of the traction motor (up to 20,000 rpm) with the rotational speed of the drive wheel.

This task is conventionally addressed by means of a reduction gearbox; however, the existing load-capacity calculation methods – in particular ISO 6336 – are formally validated for pitch line velocities up to approximately 50 m/s, and the experimental database near the upper bound of this range remains limited. The requirement for mass reduction leads to elevated loading on gear teeth, whereas notable gains in efficiency are achieved through the use of low-viscosity lubricants. The combination of these conditions substantially increases the risk of scuffing on the tooth contact flanks – one of the most severe failure modes in gear transmissions.

Scuffing susceptibility is conventionally assessed experimentally on an FZG test rig in accordance with ISO 14635. The present work proposes to complement this experimental approach with numerical simulation in ANSYS, formulated as a two-dimensional contact problem in which a surface layer with tailored frictional and elastic characteristics is introduced on the working tooth profile. The resulting data are intended to be integrated into an original gear-optimization methodology based on  $LP\tau$  analysis. Its implementation in modern symbolic and numerical computation environments, coupled with machine-learning algorithms, is expected to accelerate the search for rational gear parameters and to refine scuffing safety factors for heavily loaded gear transmissions operating at pitch line velocities above 50 m/s.

Acknowledgements. This research was supported by the Slovak Research and Development Agency under Contracts No. APVV-23-0641, VEGA 1/0708/24, APVV-23-0650.

## **СИНТЕЗ ТА ВИБІР ПРОГРАМНИХ ТА АПАРАТНИХ РІШЕНЬ ПЕРЕШКОДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ**

*канд. техн. наук, викладач-методист В.О. Пуйденко, Харківський радіотехнічний фаховий коледж, м. Харків*

Програмні та апаратні рішення перешкодостійкого кодування спрямовані на захист інформації від помилок, спричинених перешкодами, джерела яких можуть знаходитися як зовні, так і усередині самої системи передачі, у тому числі з апаратними послідовними інтерфейсами SPI, I2C, UART [1].

Синтезовані апаратні рішення перешкодостійкого кодування циклічними систематичними блоковими кодами Хеммінга 8,4 та Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема 7,4 характеризуються показниками швидкодії, складності та надійності. Повні апаратні рішення містять модуль перевірки пакетів з перешкодостійким кодом на хибність, модулі логіки обчислення значення синдрому помилки, логіки обчислення вектору помилки, корекції помилки та логіки керування. Оптимальність апаратних рішень досягається за рахунок усунення модуля перевірки пакетів з перешкодостійким кодом на хибність, що обумовлюється рівністю значень залишків від ділення комбінацій перешкодостійкого коду на утворюючий поліном значенням синдромів помилки.

Складність відповідних оптимальних апаратних рішень залежить від параметрів представлених перешкодостійких кодів, але за рахунок оптимальних параметрів коду Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема 7,4: загальної розрядності коду та розрядності поля контрольної суми, відповідне апаратне рішення має кращі показники складності та надійності при рівних показниках швидкодії обох апаратних рішень. Слід відмітити, що керування оптимальними апаратними рішеннями перешкодостійкого кодування здійснюється з боку мікроконтролера через виконання керуючого програмного коду.

Програмні рішення перешкодостійкого кодування кодами Хеммінга 8,4 та Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема 7,4 складають альтернативу відповідним синтезованим оптимальним апаратним рішенням за показниками швидкодії та надійності, результати досліджень яких дозволяють зробити вибір при впровадженні в мікросистеми з апаратними інтерфейсами SPI, I2C, UART.

**Список літератури:** 1. Todd K. Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithm / K. Todd // Moon First published. – 2005 – p. 749.

## СЕРВІСИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОБОТІ З КОНТЕНТОМ

*д-р пед. наук, проф. Ю.Л. Романишин, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ*

Технології штучного інтелекту змінюють підходи до обробки та управління контентом, створюючи нові можливості для автоматизації та персоналізації даних й інформації. Використання ШІ-технологій для аналізу поведінки користувачів на вебсайті дозволяє адаптувати контент до інтересів кожного клієнта. Низку дискусій викликає розуміння «штучного інтелекту». Так, ШІ розглядається як: системи, що можуть оперувати знаннями, а найголовніше – навчатися; програмне забезпечення, здатне до навчання і прийняття рішень; інструмент для виконання одного завдання або набору конкретних завдань [1].

При роботі з контентом виокремимо актуальні сервіси та інструменти ШІ. А саме: HeyGen (генерація відео з реалістичними ШІ-аватарами), Synthesia AI (створення відеороликів із віртуальними дикторами), ChatGPT (генерація та редагування текстів), Mindjourney (генерація зображень), Jasper AI (генерація контенту для бізнесу, SEO-тексти), Fireflies AI (транскрибація та аналітика змісту зустрічей), Lovo AI (озвучування контенту ШІ-голосами), QuillBot AI (перефразування та виправлення текстів), ElevenLabs AI (клонування голосу та емоційне озвучування тексту), Soundraw AI (генерація музики), Adobe Premiere Pro (монтаж та обробка відео). Ці сервіси охоплюють різні аспекти використання ШІ, від генерації різних видів і форматів контенту до його обробки та персоналізації, що підвищує ефективність у бізнесі, медіа, креативних індустріях тощо.

ШІ допомагає створювати персоналізований контент, сприяє підвищенню ефективності в інформаційній взаємодії з цільовою аудиторією, створює нові можливості для контент-комунікації, контент-аналітики, посилює зворотний зв'язок. Застосування сервісів та інструментів ШІ у різних форматах, таких як генерація текстів, зображень, відео, музики та інших видів контенту, демонструє широкий потенціал для реалізації цієї технології у різних сферах діяльності.

**Список літератури:** 1. Єфіменко І.В. Контент в соціальних мережах: особливості регулювання в умовах воєнного стану. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2024. № 9. С. 220-223. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2024-9/49>

## **ВИКОРИСТАННЯ VLAN ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ**

*ст. викл. А.В. Селіванова, студ. В.О. Білоусова, Державний торговельно-економічний університет, м.Київ*

У сучасних корпоративних мережах важливим завданням є забезпечення ефективного управління трафіком, підвищення рівня безпеки та оптимізація використання мережевих ресурсів [1]. Одним із найбільш поширених рішень для досягнення цих цілей є використання технології VLAN (Virtual Local Area Network) [2]. VLAN – це логічне розділення фізичної мережі на декілька віртуальних сегментів, що дозволяє об'єднувати пристрої в окремі групи незалежно від їх фізичного розташування [3]. Такий підхід дає змогу створювати ізольовані домени ширококомовного трафіку, що значно зменшує навантаження на мережу та підвищує її продуктивність [2].

Основною перевагою використання VLAN є підвищення рівня безпеки [4]. Розділення мережі на сегменти дозволяє обмежити доступ користувачів до ресурсів інших підрозділів [1]. Наприклад, комп'ютери бухгалтерії, відділу кадрів та ІТ-служби можуть бути розміщені в різних VLAN, що унеможливує несанкціонований доступ до конфіденційної інформації [3]. Практичне застосування VLAN можна розглянути на прикладі малого підприємства, де створюються окремі VLAN для адміністрації, бухгалтерії та технічного персоналу [4]. Такий підхід забезпечує структурованість мережі, спрощує її обслуговування та підвищує рівень інформаційної безпеки [2].

У даній доповіді розглядаються основні принципи використання технології VLAN для сегментації корпоративної мережі, її вплив на підвищення безпеки та продуктивності, а також переваги застосування в сучасних інформаційних системах [3]. Окрему увагу приділено практичним аспектам впровадження VLAN у мережевій інфраструктурі підприємств та їх ролі в спрощенні адміністрування [4].

**Список літератури:** 1. Таненбаум Е. Комп'ютерні мережі / Е. Таненбаум, Д. Везеролл // Пірсон. – 2021. – С. 1–960. 2. Оліфер В.Г. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи / В.Г. Оліфер, Н.А. Оліфер // Пітер. – 2020. – С. 1–1008. 3. Cisco Systems. Основи VLAN та їх налаштування / Cisco Systems // Cisco Networking Academy. – 2023. – Режим доступу: <https://www.netacad.com> 4. Кузьменко О.В. Організація корпоративних комп'ютерних мереж / О.В. Кузьменко // Інформаційні технології. – 2022. – № 2. – С. 45–52.

## **ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ НАРАТИВУ У ВІДЕОІГРАХ (НА ПРИКЛАДІ NEMESIS SYSTEM)**

*ст. викл. А.В. Селіванова, студ. А.О. Замрій, Державний торговельно-економічний університет, м. Київ*

Індустрія відеоігор у сучасному світі активно використовує штучний інтелект для створення унікального та динамічного контенту. Один із напрямів є генерація наративу, що дозволяє користувачам залежно від дій створювати цікаві та різні ігрові історії. Такий підхід підвищує зацікавленість гравців у проходженні відеоігри та побудови різноманітних сценаріїв.

Таку систему має Nemesis System, реалізована у відеоіграх Middle-earth: Shadow of Mordor та Middle-earth: Shadow of War [1]. Вона є прикладом використання штучного інтелекту для генерації наративу, де неігрові персонажі (NPC) мають індивідуальні імена, риси характеру, слабкості і навіть можуть помститися за минулі поразки [2].

Система Nemesis функціонує як ієрархічна структура персонажів, де противники поділяються на ранги (капітанів, вождів та повелителів) і взаємодіють між собою незалежно від дій гравця. Важливою особливістю є те, що ігровий світ продовжує розвиватися навіть за відсутності прямої взаємодії: персонажі можуть підвищувати або втрачати ранг, вступати у конфлікти чи формувати соціальні зв'язки. Кожен ворог має індивідуальні характеристики, титули та поведінкові особливості, що забезпечує їхню унікальність і сприяє запам'ятовуванню гравцем попередніх взаємодій [1].

Додатково, система передбачає можливість втручання гравця в ієрархію шляхом вербування персонажів або участі у внутрішніх конфліктах між ними [1]. Це створює умови для виникнення нових сюжетних ліній, які не є заздалегідь визначеними розробниками. Таким чином, наратив формується як результат взаємодії між гравцем і автономною системою штучного інтелекту, що функціонує за принципами самоорганізації.

У доповіді розглядаються основні принципи функціонування системи Nemesis, роль у створенні наративу і переваги застосування штучного інтелекту у відеоіграх для генерації контенту.

**Список літератури:** 1. The Nemesis System. How game create stories [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1708404&dsid=5993>. 2. Система Nemesis у Middle-Earth з'явилася, щоб гравці не перепродували диски з грою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lnk.ua/fUkFUiaAY>.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТРИФАЗНИХ ТРИРІВНЕВИХ ІНВЕРТОРІВ НАПРУГИ З Т-ПОДІБНИМ МОСТОМ

канд техн. наук, доц. О.І. Семененко, канд техн. наук, доц. Ю.О. Семененко, ст. викл. М.М. Одегов, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Відомий цілий ряд варіантів реалізації багаторівневих інверторів, серед яких інвертори з фіксуєчими діодами, інвертори з Т-подібним мостом [1, 2] та ін. Їх використання забезпечує підвищення якості вихідної напруги у порівнянні з дворівневими. На сьогоднішній день на електрорухомому складі знайшли застосування лише трирівневі інвертори з фіксуєчими діодами [1]. Дослідження роботи трирівневого інвертора напруги з Т-подібним мостом проведено шляхом моделювання в середовищі *MatLab*. Модель схеми, що зображена на рис. 1, було досліджено без вихідного фільтра та із його використанням. Застосовано підвищену частоту ШІМ, що складала 5 кГц.

Результати моделювання підтверджують перспективність використання трифазного трирівневого інвертора напруги з Т-подібним мостом на електрорухомому складі.

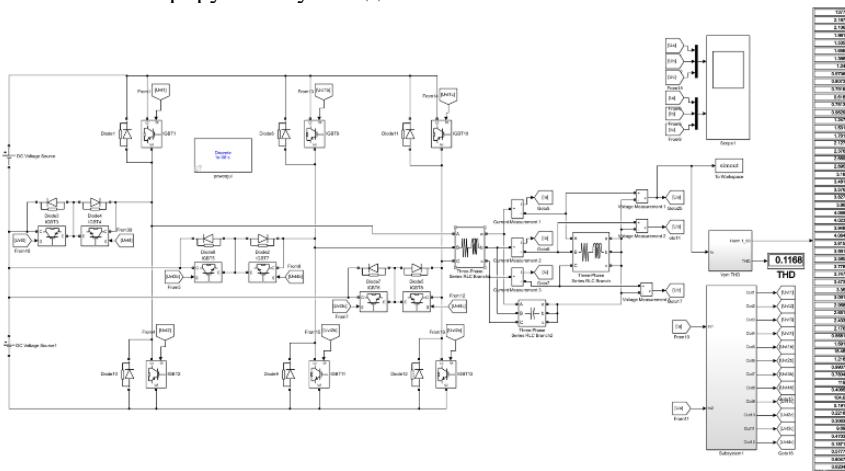


Рис. 1 – *MatLab* модель трифазного трирівневого інвертора напруги з Т-подібним мостом

**Список літератури:** 1. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу: Навч. посібник/ Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко, О.І. Семененко, М.В. Хворост / За ред. Гончарова Ю.П. – Харків, НТУ „ХПІ”, 2007. – 192 с. 2. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: Навч. посібник/ О.О. Шавьолкін. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.

## **AGENTIC RAG: АВТОНОМНІ ІІ-АГЕНТИ ТА ЇХ ІНТЕГРАЦІЯ В СУЧАСНІ CAD-СИСТЕМИ**

*асп. В.В. Сотниченко, д-р техн. наук, проф. І.Е. Яковенко, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Сучасний розвиток систем автоматизованого проєктування (CAD) переходить від пасивних інструментів до архітектури автономних інженерних агентів на базі Agentic RAG [1]. Ця технологія дозволяє системі не лише отримувати знання з баз даних, а й самостійно виконувати багатетапні конструкторські завдання, взаємодіючи із зовнішнім програмним середовищем.

На відміну від лінійного RAG, Agentic RAG використовує автономних агентів, здатних до планування та самокорекції. У цій архітектурі агенти декомпонують складне інженерне завдання на підзадачі, звертаються до нормативної бази знань та викликають інструменти (API CAD-систем) за фреймворком ReAct (Reasoning and Action) [2]. Роль інженера зміщується від ручного моделювання до системної валідації рішень, де агент генерує програмний код (наприклад, Python-скрипти або макроси), що автоматично розбудовує параметричну геометрію в середовищі SolidWorks або AutoCAD [2].

Наступний крок — мультиагентні системи. Спільна паралельна робота вузькопрофільних ІІ-агентів (конструктора, технолога, спеціаліста з міцності) дозволить точно імітувати реальні умови роботи повноцінного інженерного відділу.

Впровадження Agentic RAG дозволяє реалізувати концепцію "проєктування за наміром". Агент автономно інтерпретує вимоги до навантажень або стандартів, вибирає оптимальні параметри з бази ДСТУ та ітеративно вносить зміни в модель до досягнення цільових характеристик. Це об'єднує інтелект мовних моделей із обчислювальною потужністю CAD-систем у єдиний замкнений цикл виробничої ефективності [2].

**Список літератури:** 1. IBM. What is Agentic RAG? [Електронний ресурс] / IBM Think Topics. – 2026. – URL: <https://www.ibm.com/think/topics/agentic-rag>. 2. arXiv. Large Language Model Agent for Structural Drawing Generation Using ReAct Prompt Engineering and Retrieval Augmented Generation [Електронний ресурс] / Computer Science. – 2025. – URL: <https://arxiv.org/html/2507.19771v1>

## ФІЛЬТРАЦІЯ СИГНАЛУ ЕКГ У ФАЗОВОМУ ПРОСТОРІ

*асп. С.Г. Ставиченко, д-р техн. наук, проф. Г.Є. Філатова, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Фільтрація сигналу електрокардіограми (ЕКГ) є важливим етапом попередньої обробки. Однак зменшення рівня шуму зі збереженням діагностично значущих ознак ускладнене перекриттям амплітудно-частотних характеристик корисного сигналу та шумів.

Одним із підходів є осереднення періодів сигналу, що використовується у високороздільній кардіографії, однак через варіативність серцевого ритму цей метод потребує нелінійного часового вирівнювання.

У роботі запропоновано підхід до вирівнювання відліків у фазовому просторі часових затримок Такенса. Перед побудовою фазової траєкторії сигнал попередньо фільтрується від дрейфу ізолінії та високочастотного шуму за допомогою фільтра Баттерворта з моніторинговою смугою пропускання (0.5 – 40 Гц).

Фазова траєкторія для  $i$ -го відліку визначається як:

$$P^i = \{z[i - j\tau] \mid j = 0, \dots, k\}, \quad i = 0, \dots, n,$$

де  $\hat{z}$  – відфільтрований сигнал;  $n$  – кількість відліків сигналу;  $k$  – розмірність простору;  $\tau$  – часова затримка.

Також розраховується відстань між точками:

$$D(i, j) = |P^i - P^j|_2,$$

Осереднене значення сигналу обчислюється як:

$$\overline{z[i]} = \frac{\sum_{j=0}^n z[j] \exp\left(-\frac{D(i, j)^2}{2\sigma^2}\right)}{\sum_{j=0}^n \exp\left(-\frac{D(i, j)^2}{2\sigma^2}\right)},$$

де  $z_i$  – значення сирого сигналу,  $\sigma$  – параметр гаусового ядра, який має сенс як середня розбіжність між точками з однією фазою у циклі.

Були проведені експерименти на синтетичних сигналах із частотою дискретизації 500 Гц, із доданим дрейфом ізолінії та білим гаусовим шумом зі стандартним відхиленням 0.02 В. Оптимальне значення параметра  $\tau = 8$  при  $k = 4$ , що відповідає вікну довжиною 64 мс для однієї точки фазового простору. Експерименти показали значне зменшення середньоквадратичної розбіжності з еталонним сигналом порівняно з фільтром Баттерворта (0.9 проти 1.4 на 100 прикладах), при однаковому рівні подавлення шумів. Візуальна оцінка на реальних даних також свідчить про ефективне пригнічення шуму. Вплив методу на діагностичні характеристики сигналу потребує подальшого дослідження.

## **УЗАГАЛЬНЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ДЕТЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АРХІТЕКТУРИ BACKBONE-МЕРЕЖІ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ**

*д-р техн. наук, проф. С.О. Субботін, д-р техн. наук, проф. А.О. Олійник, д-р філос., доц. С.О. Леоценко, асп. В.В. Козлов, Національний університет "Запорізька політехніка", м. Запоріжжя*

Стрімкий розвиток методів комп'ютерного зору обумовлює потребу дослідження існуючих підходів до детекції об'єктів та факторів, що впливають на ефективність відповідних моделей. Сучасні задачі комп'ютерного зору вимагають високої точності та швидкодії моделей, що робить особливо актуальним аналіз різних архітектур та алгоритмічних рішень.

На ранніх етапах детекцію виконували класичними алгоритмами, зокрема HOG та системою Viola–Jones, які базувалися на ручному конструюванні ознак і мали обмежену здатність до узагальнення. Наступним кроком стало впровадження згорткових нейронних мереж у двоступеневих та одноступеневих детекторах, що дозволило автоматизувати виділення ознак і підвищити ефективність детекції [1]. Двоступеневі детектори, зокрема R-CNN, Fast R-CNN та Faster R-CNN, забезпечують високу точність завдяки поетапній обробці регіонів інтересу, проте характеризуються значною обчислювальною складністю. Одноступеневі детектори, зокрема YOLO, SSD та RetinaNet, натомість, орієнтовані на прогнозування об'єктів за один прохід зображення, що забезпечує роботу в режимі реального часу, хоча й із меншою точністю. Сучасний етап розвитку детекції об'єктів характеризується переходом від згорткових до трансформерних та гібридних архітектур, зокрема DETR та DINO, які відмовляються від традиційних евристик і формують задачу як глобальне прогнозування з використанням механізмів самоуваги [2].

Ключовим фактором ефективності моделей детекції є продумане планування архітектури та вибір backbone-мережі, що відповідає за виділення інформативних ознак. Зміна backbone-мережі суттєво впливає на точність, швидкість та обчислювальні витрати моделі [3]. Таким чином, розробка нових методів потребує комплексного підходу, який поєднує ефективну архітектуру, оптимізацію обчислень та адаптацію до конкретних задач.

**Список літератури:** 1. Amit Y. Object Detection / Y. Amit, P. Felzenszwalb, R. Girshick // Computer vision: A reference guide. – 2021. – P. 875-883. 2. Object detection in 20 years: A survey / Z. Zou, K. Chen, Z. Shi et al. // Proceedings of the IEEE. – 2023. – Vol. 111, № 3. – P. 257-276. 3. Козлов В. В. "Дослідження та програмна реалізація методів розпізнавання об'єктів на зображенні за допомогою згорткових нейронних мереж" / В. В. Козлов – Запоріжжя: НУ "Запорізька політехніка", 2023. – 134 с.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПЛАНУВАННЯ ШВИДКОСТІ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

*асп. В.В. Тімонов, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Досліджено вплив вибору алгоритму оптимізації та стратегії планування швидкості навчання на час тренування та якість збіжності глибоких нейронних мереж [1]. Проведено порівняльний аналіз оптимізаторів SGD з моментом, Adam та AdamW у поєднанні з різними розкладами швидкості навчання: фіксованою, ступінчастою та косинусним відпадом із перезапусками [2].

Експерименти виконано на архітектурах ResNet-18 та MobileNetV2 з використанням датасету CIFAR-10 на графічній карті NVIDIA RTX 3060 Ti (8 ГБ VRAM). Навчання проводилось протягом 200 епох з batch size 128. Встановлено, що оптимізатор AdamW у поєднанні з косинусним відпадом демонструє найшвидшу збіжність, досягаючи цільової точності 93% на 35% менше епох порівняно зі стандартним SGD з фіксованою швидкістю навчання.

Додатково досліджено ефект застосування навчання зі змішаною точністю (FP16/FP32) за допомогою модуля torch.amp для кожної комбінації оптимізатора та розкладу [3]. Використання автоматичного масштабування втрат з тензорними ядрами Ampere дозволило скоротити час однієї епохи на 32–38% та зменшити пікове споживання відеопам'яті на 40% без втрати точності класифікації [4]. Найкращу комбінацію швидкості та якості показав AdamW з косинусним відпадом у режимі змішаної точності.

Результати підтверджують, що правильний вибір стратегії оптимізації у поєднанні зі змішаною точністю обчислень є ефективним засобом скорочення часу навчання без погіршення якості моделей [5].

**Список літератури:** 1. Kingma D.P. Adam: A Method for Stochastic Optimization / D.P. Kingma, J. Ba // International Conference on Learning Representations. – 2015. – 15 p. 2. Loshchilov I. Decoupled Weight Decay Regularization / I. Loshchilov, F. Hutter // International Conference on Learning Representations. – 2019. – 18 p. 3. Narang S. Mixed Precision Training / S. Narang, P. Micikevicius, J. Alben, G. Diamos, E. Elsen // International Conference on Learning Representations. – 2018. – 12 p. 4. Paszke A. PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library / A. Paszke, S. Gross, F. Massa // Conference on Neural Information Processing Systems. – 2019. – P. 8024–8035. 5. Loshchilov I. SGDR: Stochastic Gradient Descent with Warm Restarts / I. Loshchilov, F. Hutter // International Conference on Learning Representations. – 2017. – 16 p.

## **ПАРАДИГМА РЕАКТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ ВЕБСЕРВІСІВ**

*магістр Н.І. Труфанов, д-р техн. наук, проф. А.І. Поворознюк,  
Національний технічний університет “Харківський політехнічний  
інститут” м. Харків*

У сучасних умовах цифровізації питання швидкості обробки даних та час відгуку є ключовим для конкурентоспроможності вебсервісів. Тому саме через значне зростання кількості взаємодії користувачів та підвищення вимог до продуктивності розробники досліджують нові архітектурні рішення. Одним із таких рішень є реактивне програмування, яке базується на принципах асинхронної обробки, подіє-орієнтованої архітектури та неблокуючих операціях, що дозволяє ефективно вирішувати проблеми масштабованості, стійкості на продуктивності у розподілених системах.

Порівняльний аналіз реактивної та імперативної парадигм показує, що реактивний підхід забезпечує підвищення ефективності використання ресурсів, зменшення часу відгуку та покращення користувацького досвіду, особливо у системах з високим навантаженням і великою кількістю одночасних підключень або запитів. Водночас впровадження реактивного програмування супроводжується низкою негативних факторів: складністю освоєння нових концепцій, ускладненням архітектури, труднощами у діагностиці асинхронних процесів та підвищеними вимогами до моніторингу й управління ресурсами. Сучасні фреймворки та бібліотеки (Project Reactor, RxJava, Akka Streams, Spring WebFlux, RSocket) надають розробникам інструменти для спрощення побудови таких систем, проте їх ефективність залежить від специфіки проекту. Реактивне програмування демонструє найкращі результати у середовищах з високим навантаженням, де необхідна масштабованість і стійкість до збоїв. Для невеликих або стабільних систем із низьким навантаженням традиційні імперативні підходи залишаються більш доцільними через простоту впровадження та підтримки.

Аналіз сучасних досліджень і практичних кейсів свідчить, що реактивне програмування не є універсальним рішенням, а потужним інструментом для проектів із високими вимогами до продуктивності, стійкості та гнучкості. Вибір архітектурної парадигми має базуватися на реальних потребах проекту, характері навантаження, вимогах до масштабування та готовності команди до освоєння нових підходів.

## **РОЗРОБЛЕННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ АБО ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМ**

*асп. В.В. Удовіченко, Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

У сучасних умовах цифрової трансформації промисловості та транспортної інфраструктури особливої актуальності набувають системи інтелектуального моніторингу, що забезпечують підвищення ефективності, безпеки та надійності функціонування складних технічних об'єктів [1, 2]. Зростання обсягів даних та необхідність їх обробки в реальному часі обумовлюють потребу у створенні інтегрованих апаратно-програмних комплексів нового покоління [3].

Метою роботи є розроблення універсального апаратно-програмного комплексу для інтелектуального моніторингу транспортних або промислових систем, здатного здійснювати збір, обробку, аналіз та візуалізацію даних із використанням сучасних методів обробки сигналів і елементів машинного навчання [4].

У рамках дослідження вирішуються такі завдання: аналіз існуючих підходів до моніторингу технічних систем [1]; проектування архітектури апаратної частини з використанням сенсорних модулів та вбудованих обчислювальних пристроїв [5]; розроблення програмного забезпечення для збору та передачі даних; реалізація алгоритмів інтелектуального аналізу, зокрема виявлення аномалій та прогнозування стану систем [4]; забезпечення масштабованості та відмовостійкості комплексу [3].

Запропонований підхід передбачає використання модульної архітектури, що дозволяє адаптувати систему до різних предметних областей — від транспортних засобів до промислового обладнання. Апаратна частина базується на мікроконтролерах або одноплатних комп'ютерах із підтримкою периферійних інтерфейсів, тоді як програмна частина реалізується у вигляді багаторівневої системи з використанням технологій обробки потокових даних та мікросервісної архітектури [3].

Особливу увагу приділено реалізації механізмів обробки даних у реальному часі, оптимізації використання ресурсів обчислювальних пристроїв, а також забезпеченню безпечної передачі інформації [2]. Для інтелектуального аналізу застосовуються методи машинного навчання, що дозволяють підвищити точність виявлення відхилень у роботі систем та зменшити кількість хибних спрацювань [4].

Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розробленого комплексу в системах моніторингу транспорту, виробничих ліній та інфраструктурних об'єктів з метою зниження експлуатаційних

витрат, попередження аварійних ситуацій та підвищення ефективності управління [1, 2].

**Список літератури:** 1. Lee J., Bagheri B., Jin C. Y. Cyber-Physical Systems for Predictive Manufacturing // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23. 2. Monostori L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges // Procedia CIRP. – 2014. – Vol. 17. – P. 9–13. 3. Newman S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. – O'Reilly Media, 2015. 4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. 5. Wolf W. Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design. – Morgan Kaufmann, 2012.

## **SPECIFIC FEATURES OF ACOUSTIC ASSESSMENT STAGES FOR DIFFERENT TYPES OF ENCLOSED SPACES**

*PhD (Engineering Sciences), Associate Professor V.V. Usik, PhD student B.P. Fedorchak, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

The purpose of acoustic assessment of enclosed spaces is to ensure optimal acoustic conditions according to their intended use by developing and implementing recommendations to establish and optimize sound field parameters.

The acoustic assessment process can be divided into the following stages: reviewing existing architectural and construction solutions for interior surfaces (geometry and finishing materials); developing recommendations to increase sound field diffusivity and achieve an optimal reverberation profile (including the preparation of technical specifications for enclosure surface design); modeling room acoustics using the recommended finishing materials and enclosure surfaces; and measuring the objective characteristics of the sound field after the implementation of the recommended measures to ensure optimal acoustic conditions.

This paper examines the process of acoustic assessment of enclosed spaces for various purposes, taking into account the characteristics of the sound content, and develops technical and design recommendations to achieve optimal sound field properties. It is shown that different types of spaces (e.g., concert halls, conference rooms, press centers, office spaces, and meeting rooms) have specific requirements regarding sound field properties, the sequence of assessment stages, and the procedures applied at each stage.

The study presents the results of analyzing the stages of acoustic assessment, the sound field characteristics evaluated at each stage, relevant sound field models, and mathematical methods for determining acoustic parameters, along with recommendations for their optimization. The specific features of each stage, depending on the type of space, are also highlighted.

The analysis of acoustic assessment characteristics for different types of spaces enables the formalization of this process, reduces subjectivity, and increases the reliability of the results. The findings indicate the potential for further research aimed at advancing this formalization and developing a computer-based decision support system for acoustic assessment.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ОПИСУ ЗОБРАЖЕНЬ НА ЯКІСТЬ ТА ШВИДКІСТЬ ПОШУКУ У ВЕЛИКИХ БАЗАХ ДАНИХ

*асп. В.В. Філатов, д-р техн. наук, проф. Г.Є. Філатова, д-р техн. наук,  
проф. А.І. Поворознюк, Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Однією з ключових задач у системах пошуку схожих зображень є забезпечення балансу між точністю результатів та швидкістю обробки запитів. Ефективність таких систем значною мірою залежить від параметрів формування ознак зображень, зокрема розміру вхідних даних, кількості використовуваних коефіцієнтів перетворення та способу відбору інформативних ділянок.

У роботі проведено експериментальне дослідження впливу параметрів опису зображень на якість та швидкість пошуку у великих базах даних. Дослідження виконано для методу, що використовує перетворення зображень до стандартного розміру, виділення інформативних зон та обчислення коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення (ДКП) [1]. У рамках експерименту варіювалися такі параметри: розмір зображення після масштабування; кількість коефіцієнтів ДКП, що використовуються для формування сигнатури; кількість інформативних зон зображення; поріг схожості при відборі кандидатів. Для кожної конфігурації оцінювалися: точність пошуку (за кількістю релевантних результатів); кількість помилок першого та другого роду; середній час обробки запиту.

Отримані результати показали, що збільшення кількості коефіцієнтів ДКП підвищує точність пошуку, однак призводить до зростання часу обробки. Водночас використання обмеженої кількості найбільш інформативних коефіцієнтів дозволяє досягти прийняттого компромісу між швидкістю та якістю.

Також встановлено, що використання декількох інформативних зон зображення підвищує стійкість методу до часткових спотворень, зокрема обрізання та локальних змін.

Проведений аналіз дозволив визначити оптимальні діапазони параметрів, які забезпечують стабільну роботу методу в умовах великих динамічних баз даних.

Таким чином, результати дослідження можуть бути використані для налаштування параметрів систем пошуку зображень залежно від вимог до швидкості та точності.

**Список літератури:** 1. *Filatov V. Fuzzy image classifier in large dynamic databases / V. Filatov, A. Filatova, A. Povoroznyuk // Advanced Information Systems, 2025. Vol. 9, No. 2. P. 11–17.*

## DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR COUNTERING SPAM IN MESSENGERS

*student Denis Frolov, cand. of tech. sciences, assoc. prof. Hennadii Heiko, cand. of tech. sciences, prof. Andrii Podorozhniak, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

Countering spam in messengers and social networks (MSNs) is becoming increasingly relevant in today's digital environment, where information is exchanged instantly and on a global scale. The growth in the volume of unwanted messages not only complicates communication, but can also lead to the spread of fraud, phishing attacks, and a decline in user confidence in online services. The use of automated spam detection and blocking systems opens up new opportunities for ensuring security, minimizing the human factor, and increasing the effectiveness of protection [1].

The report discusses the development of an autonomous anti-spam system based on modern methods of text data processing and functioning without constant administrator intervention. Thanks to the use of machine learning and natural language processing algorithms, the system is capable of analyzing messages in real time, determining the probability of their belonging to spam, and adapting to new methods used by attackers [2]. This allows for the automation of moderation processes, increased cyber security, and improved user experience in MSNs [3].

During development, text data was prepared and pre-processed, including cleaning messages of unnecessary characters, normalizing text, and converting it into numerical format for further analysis. A classification model based on a naive Bayesian algorithm was also trained, which made it possible to effectively distinguish between spam messages and regular user messages. After training, the model was integrated into a Telegram bot, which provides automatic analysis of messages and displays the result to the user.

The proposed solution was implemented using the Telegram messenger, the Python programming language, and the pandas, scikit-learn, python-telegram-bot, and joblib libraries. The system implements the main functions of the bot: launching the bot, analyzing messages for spam, reading data from the dataset, and returning the result with a corresponding mark indicating the safety of the message. The dataset used was called SMSSpamCollection, which contains over 5,000 examples of both safe and potentially dangerous messages.

**References:** **1.** Social Big Data Analytics: Practices, Techniques, and Applications / B. Abu-Salih, P. Wongthongtham, D. Zhu, K. Y. Chan, A. Rudra. – Springer Nature. – 2021. – 218 P. **2.** Natural Language Processing Fundamental For Developers / O. Campesato. – Mercury Learning and Information. – 2021. – 364 P. **3.** Research application of the spam filtering and spammer detection algorithms on social media and messengers / A. Podorozhniak, N. Liubchenko, V. Oliinyk, V. Roh // Advanced Information Systems. – 2023. – Vol. 7. – Iss. 3. – P. 60 – 66.

## **АНАЛІЗ ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ МЕРЕЖЕВОЇ БЕЗПЕКИ**

*асп. М.А. Фукс, Харківський національний університет  
радіоелектроніки, м. Харків*

Сучасні мережеві системи характеризуються зростаючою складністю та наявністю багатокрокових сценаріїв атак, що реалізуються через послідовне використання взаємопов'язаних вразливостей. Для їх аналізу ефективно застосовуються графи атак, які дозволяють формалізувати можливі шляхи компрометації системи [1].

У роботі запропоновано узагальнену класифікацію підходів до кількісного оцінювання мережевої безпеки за чотирма критеріями: типом графової моделі, характеристиках використовуваних метрик, урахуванні часової динаміки та функціональному призначенні оцінювання. Показано, що структурні метрики є обчислювально простими, але обмеженими за точністю, тоді як ймовірнісні та ризик-орієнтовані підходи забезпечують більш адекватну оцінку за наявності достовірних даних [2].

Обґрунтовано доцільність використання комбінованих метрик, що інтегрують різні підходи оцінювання. Практичне значення результатів полягає у їх застосуванні для підтримки прийняття рішень у задачах управління інформаційною безпекою, зокрема при визначенні пріоритетів усунення вразливостей та оцінюванні ефективності контрзаходів.

**Список літератури:** 1. Aslanyan L.H., Alipour D., Heidari M. Comparative analysis of attack graphs // *Mathematical Problems of Computer Science*. – 2013. – Vol. 40. – P. 85–95. 2. Purboyo T.W. Attack graph based security metrics: state of the art // *International Journal of Science and Engineering Investigations*. – 2012. – Vol. 1, No. 7. – P. 18–21.

## MECHANICAL PRECISION POINTING ACTUATORS FOR FREE-SPACE EARTH OPTICAL COMMUNICATIONS

*D. Sc., prof. Mehman Hasanov, Baloglan Najafov, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

To implement free-space optical (FSO) communication between a satellite and Earth or for inter-satellite links, it is essential to have a Pointing, Acquisition, and Tracking (PAT) system. Tracking ensures beam steering and signal reception during the optical communication period between two terminals. Pointing is executed using precision pointing systems. For large satellites, this may involve a gimbaled telescope [1] or gimbaled mirrors [2]. In small satellites, however, due to space and mass constraints, initial pointing may be carried out via the satellite's Attitude Determination and Control System (ADCS), where the entire satellite body must be oriented in the correct direction. This pointing accuracy must be superior to the beam divergence angle of the transmitter.

Once the incoming beam is detected by the tracking sensor of the satellite or ground station receiver, the pointing phase concludes and acquisition begins. Precision pointing is critical during the acquisition and tracking stages. A precision beam steering mechanism makes the necessary rapid and accurate adjustments to align the beam at the correct angle, helping to couple the signal into the receiver's detector or optical fiber. On the transmitter side, the process is identical but in the opposite direction; the laser beam must be pointed accurately enough while accounting for satellite platform instability, vibrations, and positional errors.

Mechanically actuated precision beam steering systems are the traditional solution for space applications and are common in free-space optical (FSO) communication terminals. This work focuses on actuators based on Fast Steering Mirrors (FSM). Depending on their actuation principles, these actuators are divided into three main types: electrostatic, magnetic (electromagnetic), and piezoelectric.

**References:** 1. Kackera, S.; Cahoy, K. Optical Performance of Commercial Liquid Lens Assemblies in Microgravity. TechRxiv 2023. 2. Miller, S.A.; Chang, Y.-C.; Phare, C.T.; Shin, M.C.; Zadka, M.; Roberts, S.P.; Stern, B.; Ji, X.; Mohanty, A.; Gordillo, O.A.J.; et al. Large-scale optical phased array using a low-power multi-pass silicon photonic platform. *Optica* 2020, 7, 3–6.

*This work was supported by the Azerbaijan Science Foundation –  
Grant № AEF-BQM-BRFTF-4-2024-5(53)-06/01/1-M-01*

## DEVELOPMENT OF A CONNECTION NODE IN A HYBRID LI-FI/WI-FI NETWORK FOR SMART ENVIRONMENT SYSTEMS

*D. Sc., prof. Mehman H. Hasanov, PhD Emin S. Payizov, Azerbaijan  
Technical University, Baku, Azerbaijan*

As radio-frequency systems become denser, interference, power demand, and link instability increase, making Li-Fi a useful low-interference complement for sensitive environments. This work develops experimental, low-cost hybrid Li-Fi/Wi-Fi connection-node architecture for IoT monitoring and smart environments [1]. The network is formed by bidirectional optical nodes that combine transmit and receive functions, plus a central node with an additional external-communication module for integration with IP/cloud services.

Data exchange uses OOK modulation and UART 8N1 framing with a configurable bitrate (300 baud in the current prototype). Reliability is improved through packet framing with start/end markers, payload-length control, XOR checksum validation, ACK-based confirmation, and timeout-triggered retransmission [2]. To maintain performance under varying ambient light, the receiver applies adaptive two-level threshold calibration with hysteresis. Experiments show stable line-of-sight communication at about 0.5-3 m with high frame-delivery success. The design is suitable for educational labs and local deployments, and it can scale to multi-node Li-Fi smart-environment networks, with further range growth after optical-path and protocol optimization.

Overall, the proposed architecture demonstrates a practical path from laboratory prototyping to real-world Li-Fi integration in smart environments.

**References:** 1. Hasanov M., Abdullayev K., Sultanova S., Qojayev R., Payizov E. Li-Fi Technology: Architectures and Data Transmission Mechanisms / M. Hasanov, K. Abdullayev, S. Sultanova, R. Qojayev, E. Payizov // Proceedings of the 2025 International Conference on Modern Sustainable Systems (CMSS). – 2025. – P. 812–817. 2. Kim S., Won Y.-Y., Park J. Capacity-Enhanced Li-Fi Transmission Using Autoencoder-Based Latent Representation: Performance Analysis Under Practical Optical Links / S. Kim, Y.-Y. Won, J. Park // Photonics. – 2026. – Vol. 13. – Article 356. – DOI: 10.3390/photonics13040356.

*This work was supported by the Azerbaijan Science Foundation –  
Grant № AEF-BQM-BRFTF-4-2024-5(53)-06/01/1-M-01.*

## ORGANIZATION OF OPTICAL LASER-BASED CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

*D. Sc., prof. Mehman Hasanov, A.N. Farzaliyev, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

In recent years, unmanned aerial vehicles (UAVs) have been widely used for surveillance, infrastructure monitoring, search-and-rescue operations, and border protection. Conventional radio-based control channels face serious limitations, including spectrum congestion, electromagnetic interference, signal interception, and intentional jamming.

This study investigates optical laser-based communication for UAV control as an alternative to RF links. Such systems can provide high-speed data exchange through wide transmission bandwidth. The research focuses on maintaining a stable Line-of-Sight (LoS) despite constant changes in UAV position, accurate beam steering and continuous target tracking during flight.

The proposed architecture considers both direct optical links between a ground monitoring station and a UAV and optical links between UAVs. Ground-to-UAV optical channels enable centralized control with high confidentiality and immunity to electromagnetic interference. Inter-UAV optical channels support low-latency data exchange in cooperative and swarm missions. Particular attention is given to optical beam steering, adaptive Pointing-Acquisition-Tracking (PAT) mechanisms, beamwidth optimization, hybrid FSO/RF architectures, and AI-based control methods for improving system reliability.

The analysis shows that optical laser-based control networks are a strong alternative to traditional RF systems because of their confidentiality, wide bandwidth, and resistance to electromagnetic interference. Their practical implementation requires lightweight onboard optical modules, improved adaptive tracking algorithms, and backup links that account for changing atmospheric conditions.

**References:** 1. Kaymak Y., Rojas-Cessa R., Feng J., Ansari N., Zhou M., Zhang T. A survey on acquisition, tracking, and pointing mechanisms for mobile free-space optical communications // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2018. 2. Xu G., Zeng M., Zhang Q. Outage probability of UAV-assisted FSO communication systems in the presence of pointing errors // IEEE Communications Letters. 2021.

*This work was supported by the Azerbaijan Science Foundation –  
Grant № AEF-BQM-BRFTF-4-2024-5(53)-06/01/1-M-01*

## **SCALABLE REAL-TIME TRACKING AND FACILITY MONITORING FOR CROWDED EVENTS**

*stud. T. Hiruma, cand. of tech. sciences, associate prof. O. Lipchanska, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv*

Mass public events often suffer from "information asymmetry" where spectators lack real-time data on moving attractions and service infrastructure. Static schedules and social media fail to provide the minute-by-minute updates required for effective crowd distribution. For organizers, the primary challenge lies in deploying a system that scales to tens of thousands of concurrent users while keeping infrastructure costs bounded.

The Seihakusai Festival involves three ten-ton floats moving simultaneously through narrow urban corridors. The core problems addressed are:

- latency: providing near-instant location updates to prevent crowd congestion;
- dynamic data: reflecting the rapidly changing occupancy of facilities (toilets, parking);
- cost efficiency: preventing database quota exhaustion during unpredictable traffic spikes.

The solution employs a hybrid data architecture to balance speed and cost: firebase firestore: handles semi-static content (POIs, categories, multilingual metadata); firebase realtime database (RTDB): dedicated to high-frequency state updates, specifically GPS coordinates at ~5-second intervals and anonymous facility-status votes; edge-cached serverless layer: read traffic is served through vercel serverless functions with CDN caching to shield the database from direct hits, ensuring scalability at a controlled cost.

Key implementation features:

- crowdsourced infrastructure monitoring: a novel mechanism allows visitors to report facility status (Available/Busy/Closed). Data integrity is maintained via a vote-threshold rule and time-based expiration (1h for restrooms, 2h for parking).
- advanced filtering: a hierarchical category filter with two-level parent/child cascading semantics, persisted via localStorage for seamless user sessions.
- multilingual support: dynamic rendering (ja/en/fr) using per-entity translation maps resolved through react-i18next.

The system utilizes a modern stack featuring React 19, Vite 6, and Tailwind CSS v4 to ensure a fluid and responsive user interface. Performance is optimized through lazy route splitting and strategic memoization of rendering paths to minimize computational overhead. Real-time data acquisition is managed by a native Kotlin Android application that transmits high-precision coordinates to the

Firebase backend. This architecture is supported by Vercel serverless functions, which provide scalable compute power at the edge to maintain high availability under heavy traffic.

The implemented system demonstrates that combining modern web frameworks with hybrid cloud databases allows for the creation of scalable, low-latency tools for urban event management. By offloading high-frequency data to RTDB and utilizing edge caching, the system provides a robust solution for real-time spatial awareness in high-density environments.

## AN INTEGRATED PIPELINE FOR REPRODUCIBLE CYBER THREAT ACTOR ATTRIBUTION: FROM UNSTRUCTURED CTI REPORTS TO PROBABILISTIC IDENTIFICATION

*A.T. Huseynli, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

Operationalizing cyber threat intelligence (CTI) requires traversing a pipeline from raw unstructured vendor reports to actionable threat actor hypotheses. In practice, organizations treat each stage (indicator extraction, information quality assessment, and probabilistic identification) in isolation [1], [2].

This paper presents the Cyber Threat Attribution Pipeline (CTAP), an end-to-end framework unifying three interdependent stages: (1) large language model (LLM)-based named entity recognition (NER) for structured attribute extraction from unstructured CTI reports; (2) a multi-dimensional information quality scoring module; and (3) a Bayesian scoring framework for probabilistic actor identification (Fig. 1).



Figure 1 – Proposed framework

Stage 1. Ingests reports from public resources and applies zero-shot and few-shot prompting across three LLMs, extracting 15 various entity types.

Stage 2. Scores extracted attributes along two dimensions: temporal freshness via exponential decay  $f(t) = e^{-\lambda \Delta t}$  (where  $\lambda$  encodes attribute-class perishability) and source confidence.

Stage 3. Encodes structured actor profiles as STIX 2.1 bundles aggregated across multiple campaigns. Scoring combines campaign-frequency (CF) and inverse document frequency (IDF) weighted Jaccard similarity with feature-class-specific Laplace smoothing.

In a case study targeting Azerbaijan, TA558 is ranked first (31.99%) on a rare malware family match (IDF=3.197, CF=1.000).

Key findings: (a) few-shot prompting reliably reduces hallucinations but has non-monotonic effects on F1, making exemplar cardinality an underappreciated design variable; (b) quality-aware evidence weighting materially improves attribution even when NER recall is high.

**References:** 1. Skopik F., & Pahi T. (2020) Under false flag: using technical artifacts for cyber attack attribution, *Cybersecurity*, Vol. 3, No. 1., 8. 2. Mavroeidis V., & Bromander S. (2017) Cyber Threat Intelligence Model: An Evaluation of Taxonomies, Sharing Standards, and Ontologies, *EISIC.*, P. 91-98.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS FOR HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN THE BANKING SECTOR**

*PhD Candidate, Fuad S. Huseynli, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan*

Multi-criteria decision-making (MCDM) methods play a significant role in human resource management within the banking sector. This is primarily due to the fact that personnel selection and evaluation problems inherently require the comparison of multiple alternatives, such as candidates or employees, across several criteria that are often conflicting in nature. Therefore, these problems can be formulated as multi-criteria optimization tasks, where both qualitative and quantitative factors must be considered simultaneously.

A variety of MCDM methods, including AHP, ANP, ELECTRE, VIKOR, and TOPSIS, have been widely applied in different domains. However, not all of these methods are equally suitable for human resource management in banking. The selection of an appropriate method depends on several factors, such as the complexity of the decision structure, the number and type of criteria, the nature of the available data, and the degree of expert involvement. In addition, practical considerations such as computational efficiency and ease of interpretation also play an important role in selecting a suitable method.

In this context, the TOPSIS method is considered one of the most appropriate approaches for human resource evaluation in the banking sector. The method is based on the principle of ranking alternatives according to their relative closeness to the ideal and anti-ideal solutions. Due to its conceptual simplicity, flexibility, and ability to incorporate multiple criteria, TOPSIS provides an effective and practical tool for decision-makers. Furthermore, it allows for a transparent and systematic evaluation process, which is particularly important in human resource management where fairness and objectivity are critical.

In conclusion, the application of MCDM methods enhances the quality and objectivity of decision-making processes in banking human resource management. Among these methods, TOPSIS stands out as a practical and efficient approach due to its simplicity and adaptability. Its implementation contributes to more consistent, transparent, and well-justified decisions in personnel evaluation and selection processes.

**References:** 1. Ching-Lai Hwang, Kwangsun Yoon / Methods for Multiple Attribute Decision Making // Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. – Springer, 1981.

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГРОЗ ТА БЕЗПЕЧНЕ КЕРУВАННЯ СЕКРЕТАМИ У МІКРОСЕРВІСНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ SPRING BOOT, DOCKER ТА AWS VPC**

*спеціаліст (привірюється до магістра) А.Г. Черненко, м. Харків*

Сучасні мікросервісні системи забезпечують масштабованість, гнучкість розгортання та зручність розвитку програмних продуктів. Водночас перехід від монолітних застосунків до розподілених сервісів ускладнює забезпечення інформаційної безпеки, оскільки кожен сервіс, канал взаємодії, контейнер і компонент хмарної інфраструктури розширюють поверхню атаки [1, 2]. Особливо важливими стають захист облікових даних, секретів і безпечна взаємодія між сервісами.

У тезах розглядається підхід до побудови безпечного середовища розгортання мікросервісів із використанням Spring Boot, Docker та AWS VPC, що поєднує моделювання загроз і керований життєвий цикл секретів. Запропонована концепція спрямована на формування цілісної моделі безпеки системи та охоплює контроль доступу, мережеву сегментацію, контейнерну ізоляцію, шифрування і безперервний моніторинг.

Ключовим етапом є моделювання загроз за категоріями підміни ідентичності, модифікації даних, витоку інформації, відмови в обслуговуванні та підвищення привілеїв. Для мікросервісної архітектури це дає змогу визначити найбільш небезпечні точки ризику: API-шлюзи, канали service-to-service communication, репозиторії контейнерних образів, оркестрацію контейнерів і механізми передачі конфігураційних параметрів. На основі такого аналізу формується набір практичних заходів захисту [3].

На рівні застосунку доцільним є використання Spring Security, OAuth 2.0 та JWT для централізованої автентифікації й авторизації запитів. На рівні контейнерів важливими є використання мінімалізованих образів, запуск процесів без root-привілеїв, сканування образів на наявність вразливостей і виключення вбудованих секретів із Docker-образів. На інфраструктурному рівні безпека досягається шляхом ізоляції сервісів у приватних підмережах AWS VPC, використання Security Groups, IAM-ролей із мінімально необхідними дозволами та журналювання подій доступу [4].

Особливу увагу приділено безпечному керуванню секретами. У мікросервісному середовищі небезпечно зберігати паролі, API-ключі чи токени у файлах конфігурації, змінних середовища або репозиторіях коду. Ефективнішим є використання централізованих сервісів, зокрема AWS Secrets Manager, із динамічним отриманням секретів під час виконання застосунку. Це зменшує ризик компрометації, спрощує ротацію секретів і підсилює захист критичних компонентів [5, 6].

Інтеграція threat modeling у DevSecOps-процеси дає змогу переносити перевірки безпеки на ранні етапи розробки, виявляти архітектурні недоліки до продуктивного розгортання, автоматизувати перевірку контейнерів, конфігурацій і політик доступу. Практична цінність такого підходу полягає в його придатності для enterprise-систем із високими вимогами до масштабованості, відмовостійкості та нормативної відповідності.

Поєднання моделювання загроз, централізованого керування секретами та багаторівневих механізмів захисту підвищує стійкість мікросервісних систем до сучасних атак. Використання Spring Boot, Docker і AWS VPC створює технічну основу цього підходу, а інтеграція безпеки в CI/CD забезпечує його ефективність у реальних умовах розробки та експлуатації.

**Список літератури:** 1. *Chandramouli R.* Security Strategies for Microservices-based Application Systems // NIST Special Publication 800-204, 2019. – 42 p. – Режим доступу [www URL](http://www.URL): <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-204> (дата звернення: 10.04.2026). 2. *Richter D., Neumann T., Polze A.* Security Considerations for Microservice Architectures // CLOSER 2018 - 8th International Conference on Cloud Computing and Services Science, 2018. – p. 608 – 615. – Режим доступу [www URL](http://www.URL): <https://www.scitepress.org/papers/2018/67910/67910.pdf> (дата звернення: 10.04.2026). 3. Amazon Web Services. Implementing Microservices on AWS. – AWS Whitepaper, 2023. – 41 p. – // Режим доступу [www URL](http://www.URL): <https://docs.aws.amazon.com/pdfs/whitepapers/latest/microservices-on-aws/microservices-on-aws.pdf> (дата звернення: 10.04.2026). 4. *Oleti C.S.* Enterprise AI at Scale: Architecting Secure Microservices with Spring Boot and AWS. // International Journal of Research in Computer Applications and Information Technology, Vol. 6, Issue 1, 2023. – p. 133–154. – Режим доступу [www URL](http://www.URL): [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJRCAIT/VOLUME\\_6\\_ISSUE\\_1/IJRCAIT\\_06\\_01\\_011.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJRCAIT/VOLUME_6_ISSUE_1/IJRCAIT_06_01_011.pdf) (дата звернення: 10.04.2026). 5. *Avuthu Y.R.* Microservices Security Threat Modelling in DevOps Pipelines. // Journal of Mathematical & Computer Applications, Vol. 2, No. 3. – 2023. – p. 1 – 7. – Режим доступу [www URL](http://www.URL): <https://srcpublishers.com/mathematical-computer-applicatio/article/view/4415/4603> (дата звернення: 10.04.2026). 6. *F. Ponce, J. Soldani, H. Astudillo, A. Brogi* Smells and Refactorings for Microservices Security: A Multivocal Literature Review // arXiv preprint. – 2021. – arXiv:2104.13303. – Режим доступу [www URL](http://www.URL): <https://arxiv.org/abs/2104.13303> (дата звернення: 10.04.2026).

## **ТРАНСФОРМАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЧЕРЕЗ СТВОРЕННЯ SMART-ЕКОСИСТЕМИ**

*канд. фіз.-мат. наук, проф. О.П. Черних, асистент Г.В. Гряник,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Сучасна цифрова трансформація вимагає переходу від пасивного дистанційного навчання до створення глибоко імерсивних освітніх середовищ. Особливо гостро це питання стоїть у технічній освіті, коли здобувачам необхідний постійний доступ до матеріально-технічної бази. Вирішенням може бути інтеграція принципів ігрового дизайну та технологій віртуальної реальності у єдину Smart-екосистему університету. Фундаментом сучасної освіти має стати не просто набір онлайн-курсів, а комплексна інтерактивна платформа: віртуальні симулятори, системи управління навчанням та модулі аналітики в єдиному цифровому контурі, з доступом студентам у режимі 24/7.

Критично важливим етапом модернізації є 3D-сканування та віртуалізація існуючих реальних лабораторій. Перенесення складного обладнання у віртуальну реальність дозволить студентам безпечно проводити експерименти, тестувати програмні та інженерні рішення необмежену кількість разів. Це нівелює ризики пошкодження дороговартісної апаратури та знімає фізичні обмеження доступу до неї.

Для радикального підвищення мотивації здобувачів доцільно впровадити архітектуру ігрових процесів у навчання – перехід від класичної системи оцінювання до системи накопичення досвіду (XP).

Застосування ігрової логіки дозволить реалізувати систему поступового доступу до навчального матеріалу. Студент не зможе перейти до роботи зі складним віртуальним обладнанням чи просунутими рівнями симуляції, поки не підтвердить свої базові навички. Це забезпечить системність і послідовність засвоєння знань.

Синтез ігрових механік, адаптивного навчання та інтелектуального аналізу даних дозволить автоматично виявляти прогалини у знаннях студентів. Перетворення здобувача з пасивного слухача на активного «гравця» у освітньому процесі суттєво підвищить загальну якість підготовки та рівень засвоєння практичних навичок.

Створення інтерактивної цифрової екосистеми формує принципово нову освітню парадигму. Це дозволяє не лише гарантувати високу результативність навчального процесу в умовах дистанційної роботи, але й готує фахівців, здатних легко адаптуватися до сучасних технологічних викликів.

## МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ІГОР В UNREAL ENGINE

*канд. фіз.-мат. наук, проф. О.П. Черних, магістр Д.В. Довгополов,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

З розвитком технологій платформа Unreal Engine подальше продовжує лідувати в інноваціях різних галузей. Її адаптивність та передові функції надихають розробників розширювати межі створення ігор та архітектурних візуалізацій. Головною метою роботи є підвищення загальної продуктивності, зниження навантаження на графічний процесор (GPU) та ефективне управління ресурсами пам'яті залежно від цільової платформи.

У межах проекту досліджено архітектури графічного конвеєра та розроблено комплекс методів алгоритмічної оптимізації для відеоігор на базі рушія Unreal Engine 5.

На початковому етапі проведено глибокий порівняльний аналіз архітектур Forward та Deferred Rendering. Досліджено їхні специфічні підходи до обробки геометрії та освітлення. Додатково розглянуто структуру шейдерних пайплайнів, проблеми вибірки текстур та математичні моделі розрахунку освітлення в реальному часі.

Основну частину роботи присвячено розробці та імплементації конкретних оптимізаційних рішень. Запропоновано методіку оптимізації вибірки даних за допомогою Fat Pixel шейдера, що дозволило ефективно усунути артефакти інтерполяції. Реалізовано підхід Vertex Color Palette Mapping, який суттєво зменшує кількість викликів малювання (Draw Calls) завдяки використанню вертексних атрибутів замість традиційних текстурних семплерів. Також проаналізовано доцільність використання динамічного глобального освітлення (SSGI) у порівнянні зі статичним запіканням світла (Lightmass), та застосовано інші патерни оптимізації.

Практична значущість роботи підтверджена експериментальним шляхом. Здійснено профільне налаштування пайплайну рендерингу під специфіку тестового проекту, створено бібліотеку оптимізованих шейдерів та підготовлено меші.

Аналіз продуктивності продемонстрував ефективність запропонованого оптимізаційного стеку: зафіксовано зростання частоти кадрів (FPS), зменшення пікового завантаження GPU та оптимізацію споживання VRAM, що підтверджує доцільність використання цих методів у сучасній ігровій індустрії.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ВАНТАЖНООБМІННИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

*канд. фіз.-мат. наук, проф. О.П. Черних, студ. Даріуш Судейко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

Галузь логістики та вантажних перевезень значною мірою залежить від своєчасної комунікації між власниками вантажів та транспортними операторами. Платформи обміну вантажами, такі як Speditor.NET, є торговими майданчиками, де можливості перевезення вантажів публікуються безперервно протягом робочого дня. Менеджери з транспорту повинні регулярно контролювати ці платформи, визначати відповідні оголошення про вантажі та вручну складати та надсилати електронні листи із запитом – процес, який є одночасно повторюваним та чутливим до часу. На конкурентному ринку вантажних перевезень швидкість реагування є критично важливою. Транспортний оператор, який зв'язується з власником вантажу через кілька хвилин після публікації оголошення, має значно більше шансів отримати вантаж, ніж той, хто відповідає через кілька годин. Це створює значний тиск на менеджерів з транспорту, щоб вони постійно контролювали платформи оголошень та швидко реагували – завдання, яке суперечить іншим операційним обов'язкам.

Основною метою цієї роботи є розробка, впровадження та оцінка автоматизованої системи комунікації B2B, яка контролює платформу обміну вантажами на наявність нових оголошень, що відповідають заздалегідь визначеним критеріям; витягує структуровані дані про вантажі з кожного оголошення; складає персоналізовані електронні листи із запитом; надсилає ці електронні листи через існуючий професійний поштовий клієнт, зберігаючи при цьому природні шаблони надсилання, щоб уникнути виявлення спаму.

У цій роботі представлено автоматизоване рішення, розроблене та впроваджене в реальній логістичній компанії – UAB Tempus Trans, литовському експедитору вантажів, що здійснює збірні перевезення та перевезення повним завантаженням вантажів по всій Європі. Система автоматизує весь робочий процес – від моніторингу платформи до відправлення електронної пошти, скорочуючи процес, який раніше вимагав постійної ручної уваги, до однієї щоденної взаємодії під час запуску.

## **СТВОРЕННЯ ВІДЕОГРИ З ВИКОРИСТАННЯМ GAMEPLAY ABILITY SYSTEM**

*канд. фіз.-мат. наук, проф. О.П. Черних, студ. С.В. Ткаченко,  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний  
інститут", м. Харків*

З кожним роком кількість людей, зацікавлених у відеоіграх, зростає, й наразі ігрова індустрія має ринкову вартість більше, ніж музична та фільмографічна індустрії разом узяті. Таким чином, розробка відеоігор буде актуальною через постійно зростаючу індустрію відеоігор.

Через різноманітність жанрів, поглядів на них та бачення розробників будь-який користувач може знайти велике різноманіття ігор, які можуть відповідати його вподобанням. Відеоігри дають користувачам не тільки розвагу, а й змогу надати досвід різних відрізків історії людства, хоча фільми також можуть надати цей досвід. Однак відеоігри можуть надати досвід не тільки зі сторони глядача (гравця), а також у ролі дійової особи з прийняттям своїх рішень. Ігри в жанрі "Стратегія" можуть дати користувачам навички стратегічного мислення через необхідність робити декілька кроків наперед. Ігри жанру "МОВА" (Multiplayer Online Battle Arena) можуть надати навички макро- і мікроконтролю через необхідність контролювати ефективність своєї гри та загальну динаміку команди для перемоги.

В даній роботі було створено відеоігру Gridlock у жанрі шутеру від третьої особи, де гравець повинен полювати на чудовиськ та створювати нову зброю для їх полювання. Для розробки відеоігри було використано Unreal Engine та Gameplay Ability System, які мають можливості легкого масштабування і розширення вже існуючих механік або додавання нових без потреби рефакторингу всього коду гри.

У розробленій грі механіки було реалізовано мовою програмування C++; використано вбудовану в Unreal Engine графічну мову програмування Blueprints; інструмент Animation Layer, інструмент створення візуальних ефектів Niagara System (раніше Particle System) і Blender для створення 3D-моделей снарядів.

Запропонована Gameplay Ability System дозволила ефективно керувати ігровими здібностями, атрибутами, ефектами, забезпечила високу модульність коду та легкість додавання нових ігрових елементів, таким чином, стала важливою складовою для розвитку та підтримки відеоігри.

## **ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У МАСШТАБОВАНИХ ВЕБДОДАТКАХ**

*асп. О.А. Чиж, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Прогнозування динамічного навантаження є важливою складовою адаптивного управління серверними ресурсами у масштабованих вебдодатках, оскільки саме від якості прогнозу залежить своєчасність рішень щодо масштабування інфраструктури. Особливістю таких систем є наявність складних часових залежностей у даних: сезонних коливань, короткочасних піків, різких змін інтенсивності трафіку, а також можливих зсувів у розподілі навантаження. За таких умов використання єдиного універсального методу прогнозування не завжди є ефективним, тому вибір моделі має ґрунтуватися на сукупності критеріїв: точності прогнозу, стійкості до нестационарності, обчислювальної складності, вимогах до обсягу навчальних даних та можливості інтеграції в контур автоматичного масштабування [1,5].

Як базовий підхід доцільно розглядати ансамблеві бустингові методи, зокрема XGBoost, які відзначаються масштабованістю, ефективністю та придатністю до роботи зі структурованими ознаками, сформованими на основі історичних значень навантаження, ковзних середніх та агрегованих метрик [2]. Для сценаріїв, у яких необхідно враховувати довготривалі часові залежності та нелінійний характер змін навантаження, більш обґрунтованим є застосування рекурентних нейронних мереж типу LSTM, здатних зберігати інформацію про попередні стани послідовності [3]. У свою чергу, трансформерні архітектури, зокрема Informer, є перспективними для довгих горизонтів прогнозування, оскільки забезпечують ефективніше опрацювання довгих часових рядів і складних залежностей між їх фрагментами [4].

Отже, для задачі прогнозування навантаження у масштабованих вебдодатках доцільним є не пошук однієї універсальної моделі, а побудова процедури порівняльного відбору методів залежно від характеристик робочого навантаження та вимог до системи. На поточному етапі дослідження обґрунтованим є використання ансамблевих моделей як швидкого базового рішення для оперативного прогнозування, а також LSTM- і трансформерних моделей як інструментів для перевірки можливого виграшу в точності в умовах вираженої сезонності, пікових навантажень і зсувів у даних. Такий підхід створює методичну основу для подальшої інтеграції обраної моделі в прототип адаптивної системи управління серверними ресурсами та її експериментальної перевірки на симульованих наборах даних [1,4,5].

**Список літератури:** 1. Masdari M., Khoshnevis A. *A Survey and Classification of the Workload Forecasting Methods in Cloud Computing*. Cluster Computing. 2020. 2. Chen T., Guestrin C. *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System*. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. 3. Hochreiter S., Schmidhuber J. *Long Short-Term Memory*. Neural Computation. 1997. 4. Zhou H., Zhang S., Peng J., Zhang S., Li J., Xiong H., Zhang W. *Informer: Beyond Efficient Transformer for Long Sequence Time-Series Forecasting*. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2021. 5. Lin S., Lin W., Zhao F., Chen H. *Benchmarking and Revisiting Time Series Forecasting Methods in Cloud Workload Prediction*. Cluster Computing. 2025.

## **ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ ГНУЧКОСТІ ПЕРЕНАЛАГОДЖУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТИФТОВИХ КОНІЧНИХ З'ЄДНАНЬ**

*асп. Р.С. Швець, канд. техн. наук, доц. І.М. Дегтярьов, Сумський державний університет, м. Суми, Україна*

У сучасному машинобудуванні гнучкість виробничих систем є одним із ключових критеріїв ефективності, оскільки підприємства працюють в умовах частого оновлення номенклатури продукції, скорочення розмірів партій деталей і підвищення вимог до точності та якості обробки [2]. У зв'язку з цим актуальним є застосування переналагоджувальних верстатних пристроїв (ВП), здатних забезпечити швидкий перехід на обробку деталей іншого типорозміру без істотного зниження продуктивності [1].

Підвищення ступеня гнучкості технологічної системи досягається переважно за рахунок удосконалення ВП, оскільки сучасні верстати з ЧПК та різальний інструмент уже мають достатньо високий рівень гнучкості. Встановлено взаємозв'язок між видами гнучкості та елементами технологічної системи «верстат - верстатний пристрій - різальний інструмент - заготовка», тому резерви підвищення гнучкості найбільш доцільно реалізовувати саме через ВП [1].

Відомо, що гнучкість виробничої системи характеризується ознаками повторюваності, універсальності, пристосовності, адаптивності, мобільності та автономності керування. Разом із тим серед численних показників основним інтегральним критерієм є ступінь гнучкості [1,2].

Для забезпечення високої точності та повторюваності встановлення змінних модулів доцільним є застосування штифтових конічних з'єднань (ШКЗ). Такі з'єднання дозволяють забезпечити самоустановлення, високу контактну жорсткість та точне позиціонування елементів ВП при багаторазових переналагодженнях. На відміну від циліндричних штифтів, конічні з'єднання зменшують похибку складання та дозволяють зберігати стабільність базування навіть при наявності експлуатаційних навантажень.

Таким чином, використання ШКЗ у переналагоджувальних ВП може розглядатися як важливий резерв підвищення ступеня гнучкості технологічних систем. Отримані результати досліджень узгоджуються з висновками роботи [1], де доведено суттєву перевагу системи універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв (УЗПП) над спеціальними пристроями за ступенем гнучкості при сучасних умовах виробництва.

**Список літератури:** 1. *Іванов В.О., Карпуть В.С., Дегтярьов І.М.* Резерви підвищення гнучкості верстатних пристроїв механообробного виробництва // Вісник ЖДТУ. – 2015. – №4 (75). – С. 38–44. 2. *Веселовська Н.Р.* Аналіз сучасного стану верстатних комплексів механічної обробки. // Вісник ВНАУ. – 2012. – №1. – С. 91–95.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЮВАННЯ ПОКРИТТІВ**

*асп. М.О. Щеколда, канд. ф.-мат. наук, доц. Н.В. Савченко, канд. техн. наук, доц. О.В. Шорінов, Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", Харків*

Сучасне промислове виробництво дедалі більше покладається на засоби автоматизації. Впровадження штучного інтелекту (ШІ) дозволяє оптимізувати технологічні режими та швидко обробляти дані, гарантуючи стабільність характеристик виробу та прогнозування дефектів ще на ранніх стадіях [1]. Холодне газодинамічне напилювання (ХГН) є перспективним методом 3D-друку, проте надійний геометричний контроль залишається для нього серйозним викликом. Дистанція напилювання, швидкість руху сопла та кут нахилу вкрай нелінійно впливають на форму смуги. При формуванні товстих покриттів виникає проблема точного розрахунку кроку сканування для уникнення хвилястості чи крайових втрат матеріалу. Оскільки традиційні фізико-математичні моделі є надто громіздкими та повільними, автоматизація на основі ШІ стає критичною умовою для успішного виробництва [2].

У доповіді розглядається обґрунтування необхідності переходу до повністю автоматизованого керування ХГН та оцінка використання інтелектуальних систем для оптимізації переміщення сопла. Автоматизовані комплекси з ШІ здатні самостійно виявляти закономірності між налаштуваннями та формою треку, швидко генеруючи траєкторії для промислового маніпулятора. Зокрема, розглядаються такі підходи: застосування глибоких нейронних мереж для миттєвого прогнозування форми профілів; адаптивний слайсинг на криволінійних деталях; автоматизоване планування траєкторій (toolpath planning) з динамічним коригуванням кута нахилу для усунення дефектів під час нарощування стінок.

**Список літератури:** 1. Dzhurynskiy O. Methodology for optimizing parameters and processes of metal component production for aerospace structures via additive manufacturing technologies / O. Dzhurynskiy, S. Filipkovskij // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2025. – № 106. – С. 19-43. 2. Falco R. Enhanced geometrical control in cold spray additive manufacturing through deep neural network predictive models / R. Falco, M. Jalayer, S. Bagherifard // Virtual and Physical Prototyping. – 2025. – Vol. 20, Iss. 1. – e2472388.

## **ВПЛИВ ПАРАДІГМИ ІНДУСТРІЇ 5.0 НА РЕВЕРСІВНИЙ ІНЖИНІРИНГ**

*канд. техн. наук, проф. І.Е. Яковенко, д-р техн. наук, проф. О.А. Пермяков, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків*

Ще не всі підприємства пристосувалися до концепцій Індустрія 4.0, а вже потрібно враховувати парадигми Індустрії 5.0, яка повертає людину в центр виробництва та прямо декларує перехід від лінійної моделі "виготовив → використав → викинув" до циркулярної: "проектуй для довговічності → обслуговуй → відновлюй → повертай у цикл". Це робить CALS технології і реверс інжиніринг стратегічно необхідними інструментами цієї концепції, зшиває всі три воедино.

При експлуатації виробів (особливо унікальних та габаритних) виникає фундаментальна проблема. З одного боку, фізичний стан об'єкту розходиться з цифровою моделлю, а з іншого, за час експлуатації об'єкту виникли нові матеріали, технології, тощо. В даній ситуації реверс інжиніринг на базі 3D-сканування зношених деталей, виявлення реальних геометричних відхилень, аналізу характеристик матеріалу, причин зносу елементів виробу, дозволяє створити оновлену модель виробу, що відображає не "яким виріб був", а "яким він повинен бути зараз". CALS технології повинні бути інформаційною основою та середовищем, яке стає живою пам'яттю виробу впродовж усього подовженого циклу: зберігати еталонну модель; акумулювати дані про експлуатацію та відмови; приймати інформацію на оновлену модель; надавати повну аналітику для інженерної оцінки ресурсу елемента або виробу; генерувати актуальну конструкторську документацію та технологію при необхідності. Тобто так реалізується циркулярна парадигма Індустрії 5.0.

Ця тріада утворює взаємопов'язану екосистему сучасного виробництва, де кожний елемент підсилює інші та стає особливо критичною для оборонної промисловості, енергетики та авіації — галузей, де вивід обладнання з експлуатації надзвичайно дорогий або неможливий, а подовження ресурсу є не опцією, а необхідністю (особливо у теперішніх умовах Українського суспільства та промисловості).

**Список літератури:** 1. Яковенко І.Е., Перспективи розвитку реверсивного інжинірингу в машинобудівній галузі / І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Технології в машинобудуванні. Харків : НТУ «ХПІ», № 1(11). 2025. С. 89-97.

## ЗМІСТ

<i>Agayev Abdulhuseyn</i> Zero-knowledge and homomorphic hybrid cryptographic framework for adaptive blockchain threat defence .....	3
<i>Аратовський О.С., Любченко В.В.</i> Побудова мультирепозиторного набору даних для аналізу процесу перегляду програмного коду .....	4
<i>Бульба С.С., Вдовонков Є.І.</i> Алгоритми та методи компресії графічних даних .....	5
<i>Bulba S.S., Zaporozhtsev O.S.</i> Web application development for the sale of tourist equipment .....	6
<i>Бульба С.С., Макаренко Д.В.</i> Методи та засоби забезпечення якості вебзастосунок .....	7
<i>Васильченко Я.В., Захаров Є.О., Лобур Ю.М., Підгорний М.І.</i> Обґрунтування вибору мехатронних модулів для важких металорізальних верстатів.....	8
<i>Bulba Serhii, Ostapishyn Vladlen</i> Methods for designing low-polygonal three-dimensional objects .....	9
<i>Вовк В.А.</i> Забезпечення точності при проектуванні компоновок та у використанні мобільних портативних верстатів агрегатно-модульної конструкції на базі периферійних обчислень .....	10
<i>Воловецький В.Б.</i> Використання штучних нейронних мереж для прогнозування ускладнень під час експлуатування газосховищ.....	11
<i>Волошкіна І.В., Волошкін М.Д.</i> Предиктивне моделювання та технологічні особливості шліфування полікристалічних надтвердих матеріалів.....	12
<i>Гавриленко С.Ю., Григоренко В.О.</i> Застосування нейронних мереж для бінарної та мультикласифікації даних .....	13
<i>Галайчук Ю.В., Мірошник М.А.</i> Оцінювання моделей глибокого навчання в UAT із використанням інтелектуального діагностичного модуля та контрольованих збурень .....	14
<i>Гарбуз І.С.</i> Автоматизація трудових процесів із використанням штучного інтелекту: сучасні можливості та ризики .....	16
<i>Hlavchev Dmytro, Borysov Pavlo</i> Integration of large language models (LLM) into mobile applications for automating user scenarios .....	17
<i>Hlavchev Dmytro, Vorozhko Maksym</i> AI-driven test case generation and verification for embedded network protocols and interfaces .....	19

<b>Gomozov Y.P., Bocharov V.B.</b> Selection of a coordinate measuring machine using machine learning methods .....	21
<b>Горбань В.П.</b> Метод розпізнавання жестів біонічної руки з температурною ідентифікацією поверхні.....	22
<b>Гряник Г.В., Батюченко А.Ю., Батюченко С.Г.</b> Розробка масштабованої вебплатформи для онлайн-курсів з водіння .....	23
<b>Guzev I., Mezheryskiy S.</b> Corporate computer network with wireless segment .....	24
<b>Гулевич М.В.</b> Метод формування тестових сценаріїв для C++ бібліотек на основі агента з Q-навчанням .....	25
<b>Денін Б.С., Поворознюк О.А.</b> Автоматизація проектування топологій локальних мереж на основі клітинних автоматів.....	26
<b>Довбій С.С.</b> Моделі та методи штучного інтелекту для автоматизованого керування автомобілем.....	27
<b>Доля В.Є., Яковенко І.Е.</b> Інформаційне забезпечення процесів семантичної ідентифікації виробничих елементів при CAD/CAM-реконструкції деталей газотурбінних установок .....	28
<b>Errafik Muad, Mersni Amal</b> Design and evaluation of a secure university network infrastructure.....	29
<b>Євсєєв Я.Д., Поворознюк О.А.</b> Розробка геймдизайну економічної комп'ютерної гри .....	30
<b>Єсінов В.В.</b> Розробка інтелектуальної системи технічного зору для діагностики промислового обладнання на основі глибокого навчання.....	31
<b>Жарікова І.В., Чала О.О.</b> Автоматизована система оптичного тестування комутаційних плат на основі нейронних мереж.....	33
<b>Жибовська А., Главчев Д.М.</b> Розробка Android-додатку на основі LLM для автоматизації попередньої психологічної діагностики .....	34
<b>Заковоротний О.Ю., Євтушенко О.С.</b> Застосування мережі класифікації швидкості для оцінки безпеки руху поїзда.....	36
<b>Заковоротний О.Ю., Орлова Т.О., Анциферова О.О., Д'якова Л.М.</b> Оптимізація структур управління в мобільних системах штучного інтелекту на основі полегшених нейромережевих архітектур.....	37
<b>Заковоротний О.Ю., Решетнікова П.Е.</b> Застосування мережі класифікації швидкості для оцінки безпеки руху поїзда.....	39
<b>Заковоротний О.Ю., Черних О.П., Коломійцев В.О.</b> Особливості розробки гри у жанрі Role-Playing game на основі ігрового рушія Unreal Engine .....	40

<b>Заковоротний О.Ю., Юрченко Ю.В.</b> Комфорт пасажирів поїзда під час його руху залізничною колією.....	41
<b>Заполовський М.Й., Мезенцев М.В., Оліфір М.В.</b> Комп'ютерна реалізація задачі умовного екстремуму в системі керування тяговим електроприводом дизель-поїзда .....	43
<b>Заполовський М.Й., Юшко В.Р.</b> Система інтелектуального кешування та синхронізації локального стану даних дизель-поїзда .....	45
<b>Іпатов Р.С., Шорінов О.В.</b> Автоматизація призначення режимів холодного газодинамічного напилювання покриттів .....	46
<b>Калініченко В.В., Короття П.Р.</b> Перспективи створення енергоефективних виробничих систем механічної обробки.....	47
<b>Karimova A.Y.</b> Transformer-based TTP detection model .....	48
<b>Карлов Д.С., Семенов С.Г.</b> Інтелектуальна медична система підтримки прийняття рішень для безперервного моніторингу здоров'я тварин .....	49
<b>Клименко Г.П., Рєва Є.О., Жила О.В.</b> Автоматизація виробничих процесів на важких металорізальних верстатах з мехатронними модулями .....	50
<b>Ковалевич Б.І.</b> Дослідження методів порціювання NOSQL баз даних .....	51
<b>Ковальов П.А.</b> Розробка інтелектуальної системи моніторингу та оптимізації режимів заряджання електромобілів на основі Python.....	52
<b>Ковальов В.Д., Шаповалов М.В., Шаповалов М.К., Чуйко В.В., Чумаченко В.П.</b> Автоматизоване управління процесом різання на важких верстатах.....	54
<b>Ковальова Н.А., Філатова Г.Є.</b> Стерео-адаптована генерація кластерів для відсікання геометрії при рендерингу віртуальної реальності .....	55
<b>Коломійцев О.В., Пустоваров В.В., Рудаков І.С.</b> Метод коригування маршруту польоту групи безпілотних літальних апаратів на основі алгоритмів навчання з підкріпленням.....	56
<b>Коломійцев О.В., Слободяник О.Ю.</b> Удосконалений метод глибинного автоенкодера з кластеризацією ознак .....	57
<b>Комарова Г.Л., Чередніченко Ю.О. Сергєєв Д.М., Крамаренко С.Б.</b> Технології штучного інтелекту в оптимізації процесів калібрування прецизійного інструменту .....	58
<b>Komusii V.M., Feshanych L.I.</b> Improving a computer-integrated control system for municipal waste combustion in an industrial furnace.....	59
<b>Корнієнко Д.М.</b> Метод інтелектуального відбору даних для чат-асистента вебмагазину.....	60

<b>Косінов В.В., Савченко В.М., Мнушка О.В.</b> Керування поведінкою неігрових персонажів у середовищі Unity із застосуванням великих мовних моделей.....	61
<b>Костін А.С., Поворознюк О.А.</b> Оптимізація методу трасування променів у реальному часі на основі аналізу напрямку погляду користувача .....	62
<b>Krasnikov I.L., Halliamov K.S.</b> Application of Apache Kafka for stream processing of technological data in industrial automation systems.....	63
<b>Kurapov D., Mezheryskiy S.</b> Development of a dynamic library integration system in an online game with licence protection mechanisms and cryptographic methods.....	64
<b>Kusakov A.V.</b> Optimization of convolutional neural networks for image recognition under limited resource.....	66
<b>Левченко К.О.</b> Інтелектуальні методи підвищення точності розпізнавання об'єктів під час конвеєрного виробництва .....	67
<b>Легеза А.В., Повхан І.Ф. Левченко К.О.</b> Дерева рішень в моделях оцінки електронного навчального процесу .....	68
<b>Леонов С.Ю., Туртишний Д.А.</b> Дослідження впливу динамічного інтерфейсу на метрику візуальної стабільності – CLS .....	70
<b>Личкатий О.Є., Поворознюк А.І.</b> Побудова мультифрактальної карти мамограм за допомогою алгоритму Vox-Counting Threshold Sweep .....	71
<b>Лоцицький А., Главчев Д.М.</b> Програмний фреймворк перемикання оцінювачів стану з використанням нейромережевої моделі (IPNet) при втраті візуального сигналу .....	72
<b>Любченко О.В.</b> Метод організації комунікацій в комп'ютерних мережах на основі одномодового багаточастотного з синхронізацією поздовжніх мод лазерного випромінювання .....	74
<b>Ляшенко В.М., Яцько С.І.</b> Підхід до вибору раціонального тягового електроприводу моторвагонного рухомого складу .....	75
<b>Максимов В.О., Гриньов Д.В.</b> Методи оптимізації енергоспоживання в хмарних IoT-системах за умов динамічного ціноутворення.....	76
<b>Малохвій Е.Е., Кучук Г.А.</b> Багатокритеріальна модель локальної обробки даних та обчислювального розвантаження на кінцевих пристроях IoT.....	77
<b>Mammadov F., Mnushka O., Savchenko V.</b> Application of FMEA-based approaches to software risk management in cyber-physical systems .....	78

<b>Манохін А.С., Найдено А.Г., Коваленко І.А., Камчатна-Степанова К.В.</b> Оцінка температури різання при обробці сірих та високоміцних чавунів з використанням експериментально-розрахункового методу.....	79
<b>Марічев Д.О.</b> Паралелізм як фундамент ШІ: роль архітектури CUDA у сучасній розробці .....	80
<b>Мезенцев М.В., Журавльов Я.Ю.</b> Оптимізація серверних архітектур багатокористувачьких ігор для мінімізації мережевої латентності .....	81
<b>Мезенцев М.В., Зозуля І.Д.</b> Архітектура системи конструювання запитів до генеративних моделей штучного інтелекту на основі аналізу патернів промпт-інжинірингу .....	82
<b>Мезенцев М.В., Мельник І.В.</b> Моделювання та порівняльний аналіз VPN-технологій у розподілених корпоративних мережах із використанням віртуального стенду в GNS3 .....	83
<b>Мигуценко Р.П., Кропачек О.Ю., Фіногенов О.М., Коцкало К.Д.</b> Постановка задач дослідження високочастотних об'єктів з розподіленими параметрами .....	84
<b>Мізяк Д.О.</b> Інформаційна система як засіб підвищення ефективності підприємства .....	86
<b>Мірошник М.А., Кулак Е.М., Мірошник А.М.</b> Система розпізнавання облич у реальному часі засобами комп'ютерного зору.....	87
<b>Морозова М.Ю., Сидоренко О.С.</b> Парсинг неструктурованих геометричних даних у задачах розпізнавання багатогранників .....	88
<b>Нерубацький В.П.</b> Оптимізація частоти широтно-імпульсної модуляції автономного інвертора напруги за критерієм мінімуму додаткових втрат потужності в асинхронному електроприводі .....	89
<b>Нерубацький В.П., Каграманян А.О., Комарова Г.Л., Зінченко О.Є.</b> Моделювання процесів електроконсолідації при створенні високоресурсних керамічних композитів .....	90
<b>Носко С.В.</b> Оптимізація розподілу ресурсів оперативної пам'яті та центрального процесора для сайдкар-компонентів у платформи Kubernetes .....	91
<b>Носков В.І., Гавриленко С.Ю., Гейко М.В.</b> Аналіз технології діагностування стану тягового асинхронного двигуна .....	92
<b>Перевозник К.М., Ланін М.О., Бохан К.О., Паржсин Ю.В.</b> Структурна редукція графів як механізм навчання без зворотного поширення помилки.....	93

<b>Петлак О.В., Гавриленко С.Ю.</b> Дослідження ефективності використання нейронних мереж для класифікації табличних даних .....	95
<b>Петренко В.С., Гурко О.Г.</b> Стан та виклики автоматизації рецензування програмного коду.....	96
<b>Petrov M.E., Povoroznyuk A.I.</b> Methods of denoising medical images based on wavelet transform.....	97
<b>Подорожняк А.О., Лифар Д.В., Стась А.М.</b> Розробка сервісу дистанційного гуманітарного розмінування на основі моделі YOLO та платформи EDGE AI.....	98
<b>Подорожняк А.О., Любченко Н.Ю., Олексієнко Д.В.</b> Система з вбудованим штучним інтелектом для виявлення мін з використанням STM32 та YOLO.....	99
<b>Подорожняк А.О., Скорлупін О.В.</b> Комп'ютерний зір на YOLO для гуманітарного розмінування: оптимізована модель для крайових обчислень на безпілотних платформах .....	100
<b>Посашков О.Ю.</b> Аналіз методів для навігації складських агентів у динамічних середовищах .....	101
<b>Приліпа А.О., Філатова Г.Є.</b> Модель вибору стратегії адаптації вебзастосунку до мережевих обмежень .....	102
<b>Примак Г.В., Липчанська О.В.</b> Автоматизація процесів обліку клієнтів та генерації звітності засобами Django-систем .....	103
<b>Protasov Roman, Bondarenko O.V., Ustynenko O.V., Vorontsov B.S.</b> Numerical simulation and optimization of gear transmissions for electric-drive vehicles using machine-learning algorithms.....	104
<b>Пуйденко В.О.</b> Синтез та вибір програмних та апаратних рішень перешкодостійкого кодування.....	105
<b>Романишин Ю.Л.</b> Сервіси штучного інтелекту в роботі з контентом .....	106
<b>Селіванова А.В., Білоусова В.О.</b> Використання VLAN для сегментації корпоративної мережі.....	107
<b>Селіванова А.В., Загрій А.О.</b> Використання штучного інтелекту для генерації наративу у відеоіграх (на прикладі Nemesis System).....	108
<b>Семененко О.І., Семененко Ю.О., Одегов М.М.</b> Моделювання трифазних трирівневих інверторів напруги з Т-подібним мостом.....	109
<b>Сотницьенко В.В., Яковенко І.Е.</b> Agentic RAG: автономні ІІ-агенти та їх інтеграція в сучасні CAD-системи .....	110
<b>Ставіченко С.Г., Філатова Г.Є.</b> Фільтрація сигналу ЕКГ у фазовому просторі.....	111

<b>Субботін С.О., Олійник А.О., Леощенко С.О., Козлов В.В.</b> Узагальнення сучасних підходів до детекції об'єктів та дослідження впливу архітектури backbone-мережі на їх ефективність.....	112
<b>Тімонов В.В.</b> Експериментальне порівняння методів адаптивної оптимізації та планування швидкості навчання нейронних мереж.....	113
<b>Труфанов Н.І., Поворознюк А.І.</b> Парадигма реактивного програмування та можливості її застосування при розробці вебсервісів .....	114
<b>Удовіченко В.В.</b> Розроблення апаратно-програмного комплексу для інтелектуального моніторингу транспортних або промислових систем ....	115
<b>Usik V.V., Fedorchak B.P.</b> Specific features of acoustic assessment stages for different types of enclosed spaces .....	117
<b>Філатов В.В., Філатова Г.Є., Поворознюк А.І.</b> Дослідження впливу параметрів опису зображень на якість та швидкість пошуку у великих базах даних .....	118
<b>Frolov Denis, Heiko Hennadii, Podorozhniak Andrii</b> Development of a software tool for countering spam in messengers .....	119
<b>Фукс М.А.</b> Аналіз графових моделей кількісного оцінювання мережевої безпеки .....	120
<b>Hasanov Mehman, Najafov Baloglan</b> Mechanical precision pointing actuators for free-space earth optical communications .....	121
<b>Hasanov Mehman, Payizov Emin S.</b> Development of a connection node in a hybrid LI-FI/WI-FI network for smart environment systems.....	122
<b>Hasanov Mehman, Farzaliyev A.N.</b> Organization of optical laser-based control of unmanned aerial vehicles .....	123
<b>Hiruma T., Lipchanska O.</b> Scalable real-time tracking and facility monitoring for crowded events.....	124
<b>Huseynli A.T.</b> An integrated pipeline for reproducible cyber threat actor attribution: from unstructured CTI reports to probabilistic identification.....	126
<b>Huseynli Fuad S.</b> Comparative analysis of multi-criteria decision-making methods for human resource management in the banking sector.....	127
<b>Черненко А.Г.</b> Моделювання загроз та безпечне керування секретами у мікросервісних системах на основі Spring Boot, Docker та AWS VPC ....	128
<b>Черних О.П., Гряник Г.В.</b> Трансформація вищої освіти через створення SMART-екосистеми.....	130
<b>Черних О.П., Довгополов Д.В.</b> Методи оптимізації ігор в Unreal Engine ..	131
<b>Черних О.П., Судейко Даріуш</b> Використання інтелектуальної автоматизації для вантажнообмінних перевезень .....	132

<b>Черних О.П., Ткаченко С.В.</b> Створення відеогри з використанням Gameplay Ability System .....	133
<b>Чиж О.А.</b> Вибір та обґрунтування методів машинного навчання для прогнозування динамічного навантаження у масштабованих вебдодатках .....	134
<b>Швець Р.С., Дегтярьов І.М.</b> Підвищення ступеня гнучкості переналагоджувальних верстатних пристроїв за допомогою штифтових конічних з'єднань .....	136
<b>Щеколда М.О., Савченко Н.В., Шорінов О.В.</b> Обґрунтування необхідності автоматизації процесу газодинамічного напилювання покриттів.....	137
<b>Яковенко І.Е., Пермяков О.А.</b> Вплив парадигми індустрії 5.0 на реверсінний інжиніринг .....	138



**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**  
**ТЕЗИ ТРИНАДЦЯТОЇ МІЖНАРОДНОЇ**  
**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**"ІНФОРМАТИКА, УПРАВЛІННЯ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ"**

*Відповідальний за випуск д.т.н., проф. Леонов С.Ю.*

Технічний редактор к.т.н., доц. Мезенцев М.В.

Підп. до друку 28.04.2026 р. Формат 60x84 1/16. Папір Сору Paper.  
Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,8. Облік. вид. арк. 8,7.  
Наклад 200 прим. Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХП»  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

---

Надруковано у друкарні Impress  
61002, м. Харків, вул. Григорія Сковороди, 56.  
Тел./факс: (067) 640-44-93