

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти»
Південний науковий центр НАН та МОН
Інститут української археографії та джерелознавства
імені М. С. Грушевського НАН України
Первинна профспілкова організація ЧНУ ім. Петра Могили



**«МОГИЛЯНСЬКІ ЧИТАННЯ – 2025:
досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний,
національний та регіональний аспекти»**

XXVIII Всеукраїнська науково-практична конференція

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Миколаїв, 10–14 листопада 2025 року

Миколаїв – 2025

Могилянські читання – 2025 : досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні : глобальний, національний та регіональний аспекти. Технічні науки: XXVIII Всеукр. наук.-практ. конф. 10–14 листоп. 2025 р., м. Миколаїв : тези / М-во освіти і науки України ; ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. – 340 с.

Підсекція:

**АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА РОБОТОТЕХНІКА**

УДК 657

Олександр Трунов,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри АКТ,
Антон Савчук,
аспірант,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ІНТЕРФЕЙСІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Проведено порівняння широко розповсюджених моделей оцінки якості інтерфейсу — ISO 9241-210, евристична оцінка, QUIM, SUS/USE — та змішаного кількісно-якісного підходу, який будує комплексний індекс якості та перевіряє відмінності за допомогою t-критерію Стьюдента та величин ефекту. Проаналізовано процес, що стандартизує метрики, балансує суб'єктивні анкети з об'єктивними даними про продуктивність і застосовує надійну статистику (перевірка нормальності, t Велча за потреби, корекція Холма-Бонферроні). Показано, що інтегральний індекс чутливий до покращень дизайну, узгоджується з анкетними оцінками та забезпечує прозоре ранжування альтернатив. Описано вимоги до експериментального дизайну (єдині сценарії, мінімізація навчального ефекту, контроль дисперсій), правила нормування показників у шкалу 0–1 та підходи до вибору ваг (рівні, експертні, ентропійні). Запропонована схема забезпечує відтворення, придатні до прийняття інженерних рішень висновки і може використовуватися в регульованих або критично важливих для безпеки галузях. Практичне впровадження передбачає протоколювання вихідних даних, відкалібровані інструкції модератора, визначені критерії припинення завдань, а також звітність з довірчими інтервалами й розміром ефекту для ключових метрик продуктивності та задоволеності користувачів. Підтримується аудит та відтворення результатів за потреби.

Ключові слова: зручність використання; якість інтерфейсу; QUIM; SUS; ISO 9241 210; t-критерій Стьюдента; величина ефекту.

Вступ. Якість інтерфейсу автоматизованих систем визначає продуктивність, безпеку та задоволеність користувачів; стандарти підкреслюють необхідність системного, людиноцентричного підходу .

Мета дослідження — виконати порівняльний аналіз моделей оцінювання якості інтерфейсу та визначити підхід, що забезпечує статистично підтверджені й практично корисні висновки.

Огляд існуючих моделей. Огляд базується на ISO 9241-210, евристичній оцінці Nielsen та моделі QUIM (табл. 1).

Таблиця 1

Огляд існуючих моделей

№	Модел ь / Метод	Сутність	Основні показники	Переваги	Недоліки
1	ISO 9241-210	Міжнародний стандарт ергономіки взаємодії	Ефективність, результативність, задоволення	Універсальність, визнаний стандарт	Обмежений урахунок галузевих особливостей
2	Heuristic Evaluation (Nielsen)	Експертна оцінка за евристичними	10 евристик придатності до використання	Швидкість і простота	Суб'єктивність, відсутність кількісної валідації

3	QIM	Інтегрована модель якості використання	Навчання, продуктивність, помилки, задоволення	Структурованість, формалізація метрик	Складність збору даних, багатовимірність
4	SUS	Стандартна анкета	Узагальнена бальна оцінка	Проста, стандартизована	Поверхнева діагностика
5	USE	Анкетний підхід	Корисність, простота, задоволення	Орієнтація на користувача	Не враховує технічні показники
6	Trunov-Koshovyi	Змішаний підхід + t-test	Кількісні: швидкість, трудомісткість, помилки; Якісні:	Об'єктивність через статистичну перевірку	Потребує експериментальної вибірки, обчислювальна складність

Таблиця 2

Порівняльна характеристика підходів

Підхід	Тип оцінки	Кількісна точність	Суб'єктивність	Застосовність
ISO 9241-210	Якісна / напівкількісна	Середня	Висока	Висока

Heuristic (Nielsen)	Якісна	Низька	Висока	Середня
QUIM	Змішана	Висока	Помірна	Висока
SUS / USE	Анкетна	Низька	Висока	Середня
Trunov – Koshov yi (t-test)	Змішана	Висока	Низька	Дуже висока

МЕТОДИКА ПОРІВНЯННЯ

— Об'єкт порівняння — альтернативні інтерфейси А та В однієї системи на ідентичних сценаріях; моделі в огляді: ISO 9241-210, Heuristic Evaluation, QUIM, SUS/USE, змішаний підхід Trunov–Koshovyi (табл. 2).

— Метрики: час виконання завдань, кількість помилок/відкатів, кількість кроків (об'єктивні); задоволення та сприйнята простота (суб'єктивні; шкали SUS/USE або 5-бальні).

— Нормування до шкали 0...1: для показників типу «більше — краще» $q=(x-x_{\min})/(x_{\max}-x_{\min})$; для «менше — краще» $q=(x_{\max}-x)/(x_{\max}-x_{\min})$. Діапазони задаються бенчмарками або обрізаними перцентилями.

— Індекс якості $Q = \sum w_i q_i$, де $\sum w_i=1$; ваги рівні або отримані експертно/ентропійно. Q обчислюється для кожного учасника, формуючи вибірки Q_A і Q_B .

— Статистична перевірка різниці між інтерфейсами: двовибірковий t-тест Велча (або парний t-тест для перехресного дизайну), з обов'язковою перевіркою припущень і поданням розміру ефекту d Коена [1].

$$Q = \sum w_i q_i \quad (1)$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Дослідження включає 3–5 типовий сценаріїв, вибірку $n \approx 20\text{--}25$ учасників на умову або парний дизайн з латинським квадратом для контролю порядку виконання. Збір даних: журнали подій (час, помилки, кроки) та анкетування (задоволення/простота). Для ілюстрації наведено фрагмент сирих даних у Таблиці 3.

Таблиця 3

Макет вихідних даних (фрагмент)

ID	Інтерфейс	Час (с)	Помилки	Кроки	Задоволення (1–5)	Q (індекс)
1	A	92	0	7	4	0,83
2	A	101	1	8	4	0,76
3	A	88	0	7	5	0,87
4	A	110	1	9	4	0,74
5	A	95	0	7	4	0,80
6	B	118	2	10	3	0,66
7	B	125	1	10	3	0,70
8	B	130	2	11	3	0,68
9	B	115	1	9	4	0,73
10	B	122	2	10	3	0,67

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати наведено у Таблиці 3; статистичну різницю між інтерфейсами підтверджено t-тестом Велча, $p < 0,05$.

ВИСНОВКИ

- Класичні підходи забезпечують швидку діагностику, але без статистичної верифікації можуть бути неоднозначними [3].
- QUIM надає багатовимірний опис якості, проте є ресурсомістким [4].
- Змішаний підхід Trunov–Koshovyi (індекс $Q + t$ -перевірка, d Коена) забезпечує відтворювані, валідні висновки для критичних доменів.

References

1. Trunov O. M., Koshovyi V. V. (2024). Determining the reliability of differences in the assessment of the interface quality index of automated systems by quantitative and qualitative indicators using the Student's t-test. (Theses).
2. ISO 9241-210:2019. Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO.
3. Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. Academic Press.
4. Seffah, A., Donyaee, M., Kline, R., Padda, H. (2006). QUIM: A Framework for Quantifying Usability Metrics. IEEE Software.

**Oleksandr Trunov,
Anton Savchuk**

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELS FOR ASSESSING THE QUALITY OF AUTOMATED SYSTEM INTERFACES

A comparison is conducted of widely adopted interface quality assessment models—ISO 9241-210, heuristic evaluation, QUIM, and SUS/USE—and a mixed quantitative–qualitative approach that constructs a composite quality index and tests differences using Student's t-test and effect sizes. The workflow standardizes metrics, balances subjective questionnaires with objective performance data, and applies robust statistics (normality checks, Welch's t where appropriate, Holm–Bonferroni correction). The composite index is shown to be sensitive to design improvements, aligned with questionnaire scores, and to provide transparent ranking of alternatives. Requirements for experimental design (common scenarios, minimization of learning effects, variance control), rules for normalizing indicators to a 0–1 scale, and approaches to weight selection (equal, expert, entropy-based) are

described. The proposed scheme yields reproducible, decision-grade conclusions and is suitable for regulated or safety-critical domains. Practical deployment entails logging raw data, calibrated moderator instructions, predefined task termination criteria, and reporting with confidence intervals and effect sizes for key performance and user-satisfaction metrics. Auditability and reproduction of results are supported as needed.

Key words: usability; interface quality; QUIM; SUS; ISO 9241-210; Student's t-test; effect size.

Відомості про автора / Information about the Author

Олександр Трунов, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8524-7840>

Oleksandr Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8524-7840>

Антон Савчук, аспірант Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: 380993213068anthonysavchuk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8880-4056>

Anton Savchuk, PhD student at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: 380993213068anthonysavchuk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0009-0002-8880-4056>

Андрій Войтасик,
канд. техн. наук, старший викладач кафедри АКИТ,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БЕЗЕКІПАЖНИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ

Сучасні тенденції розвитку автоматичних систем керування технічними засобами потребують застосування надійних мікроконтролерних рішень для забезпечення стабільної роботи приводів гребних електричних пристроїв у складних морських експлуатаційних умовах. У роботі представлено детальний опис алгоритмічного забезпечення системи керування бортовим технічним засобом, що базується на мікроконтролерному пристрої і передбачає використання апаратних засобів захисту та мостових електричних схем на IGBT-транзисторах.

Запропоновані в роботі рішення повною мірою забезпечують обробку команд від систем вищого рівня, збір телеметрії, формування сигналів керування частотою обертання гребних електричних пристроїв і реалізацію алгоритмів розгону та зупинки виконавчих електродвигунів. Обмін даними між модулем керування та модулем інформаційного обміну здійснюється через інтерфейс RS-485, що гарантує стійкий та завадозахищений зв'язок.

Детально описане улаштування алгоритмічного забезпечення системи керування безекіпажним транспортним засобом може бути використано під час створення автономних або дистанційно керованих морських рухомих платформ, забезпечуючи їх ефективне переміщення та точність позиціонування. Всі реалізовані захисні функції виконані на апаратному рівні, що забезпечує їхню незалежність від роботи мікроконтролера та підвищує надійність системи.

Ключові слова: *безпілотний транспортний засіб, система автоматичного керування, інформаційний обмін, сенсори, мікроконтролер, електричний гребний пристрій.*

Безекіпажні транспортні засоби (БТЗ) морського базування поділяються на два основні типи – підводні та надводні, залежно від середовища їхнього функціонування. Безекіпажні надводні катери (БНК) працюють на поверхні води та призначені для патрулювання, моніторингу акваторій і забезпечення зв'язку, тоді як безекіпажні підводні апарати (БПА) виконують завдання на різних глибинах під водою – від дослідження

морського дна до інспекції інженерних споруд [1]. Проектування таких систем є актуальним напрямом сучасного морського машинобудування, оскільки поєднує досягнення в галузі електроприводів, сенсорних технологій і штучного інтелекту. Розроблення високонадійних систем автоматичного керування (САК) дозволяє забезпечити стабільність руху, автономність і безпеку безкіпажних транспортних засобів навіть у складних гідрометеорологічних умовах [2]. Серед ключових напрямів досліджень виділяють створення кооперативних систем взаємодії надводних і підводних платформ, оптимізацію енергоспоживання, розроблення алгоритмів уникнення зіткнень, а також інтеграцію багатоканальних систем навігації й зв'язку, що гарантують ефективне виконання завдань у морському середовищі [3].

Модуль керування (МК) є базовим елементом системи керування БТЗ. Він обробляє команди від систем вищого рівня, збирає телеметрію з усіх модулів керування гребними електричними пристроями (ГЕП) та формує сигнали для регулювання частоти обертання рушіїв. В якості МК використано мікроконтролер dsPIC33 від Microchip. Він оснащений вбудованим модулем Power Control PWM із чотирма парами виходів ШІМ і підтримує генерацію комплементарних сигналів, що зручно для мостових реверсивних схем керування двигунами постійного струму. Крім того, контролер має інтерфейси UART, SPI, I²C та інші периферійні модулі для обміну даними й додаткових функцій. МК підключено до модуля інформаційного обміну (МІО) через інтерфейс UART. МІО перетворює CMOS-сумісні сигнали мікроконтролера у формат RS-485, який використовується для напівдуплексного зв'язку за принципом «запит – відповідь» із системами вищого рівня. Система керування ГЕП функціонує як підлеглий (slave) пристрій. Основою МІО є мікросхема ADM2587E.

Силовий модуль побудований за мостовою схемою реверсивного широтно-імпульсного перетворювача на основі IGBT-транзисторів. Реалізовані захисні функції виконані на апаратному рівні, що забезпечує їхню незалежність від роботи мікроконтролера.

Узагальнений алгоритм роботи системи керування БТЗ наведено на рис. 1.

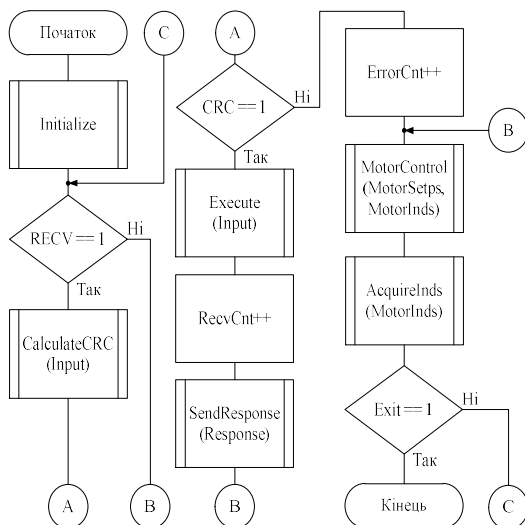


Рис. 1. Блок-схема алгоритму роботи модуля керування

На початковому етапі роботи МК виконує процедуру ініціалізації (Initialize). Далі система перевіряє наявність нового пакета даних у приймальному буфері (RECV). Якщо буфер містить дані, перевіряється їх цілісність за допомогою функції CalculateCRC, яка обчислює контрольну суму прийнятого пакета та порівнює її із вказаною у самому пакеті. У разі збігу контрольних сум встановлюється прапорець CRC. Якщо $CRC == 1$, виконується функція Execute, яка задає отримані параметри швидкості, напрямку руху та режимів у змінні масиву MotorSetps. Після успішного виконання функції система збільшує лічильник прийнятих команд RecvCnt і формує пакет-відповідь. Якщо ж перевірка контрольної суми неуспішна ($CRC == 0$), збільшується лічильник помилкових пакетів ErrorCnt. Далі викликається функція MotorControl, яка оцінює стан підсистем регулювання та формує необхідні керуючі сигнали відповідно до заданих параметрів. Після цього відбувається оновлення телеметричних даних від сенсорів струму та напруги за допомогою функції AcquireInds. Якщо встановлено прапорець Exit == 1, система виконує процедури завершення роботи. В іншому разі цикл повторюється, починаючи з перевірки стану RECV.

Функція Execute працює за алгоритмом, наведеним на рис. 2. Спочатку контролер перевіряє адресу отриманого пакета – якщо вона не збігається з власною адресою пристрою (MyAddr), виконання припиняється. Якщо адреси збігаються, перевіряється прапорець FAULT, що сигналізує про аварію. Якщо FAULT == 1, система скидає

цей прапорець лише після отримання відповідної команди від вищої системи керування, інакше – виходить із функції. За відсутності аварії контролер аналізує тип команди, записаний у другому байті пакета. Частота обертання двигуна задається як знакове ціле число.

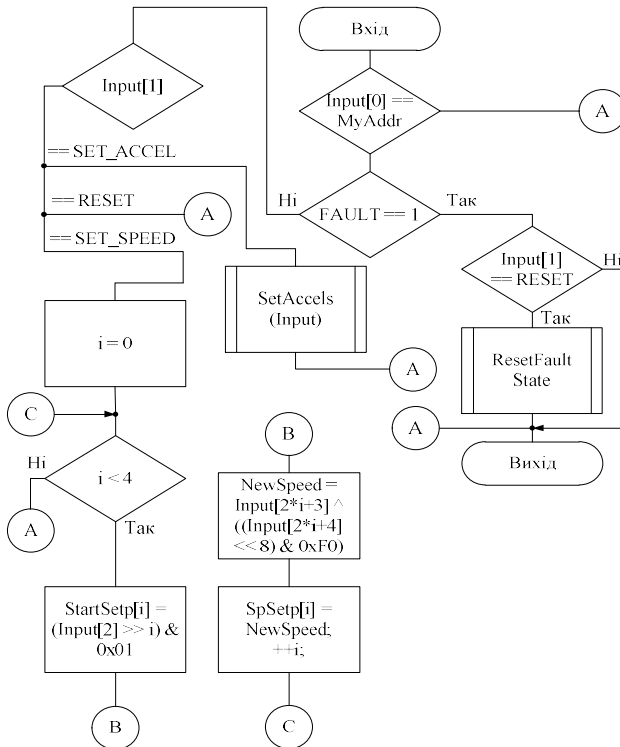


Рис. 2. Блок схема алгоритму функції Execute

Під час виклику функції SetAccels контролер оновлює параметри розгону всіх двигунів відповідно до заданих у команді значень. Якщо отримано команду SET_SPEED, система послідовно встановлює нові частоти обертання, напрями руху та режими роботи (старт/стоп) для кожного двигуна. Алгоритм роботи функції MotorControl представлений на рис. 3.

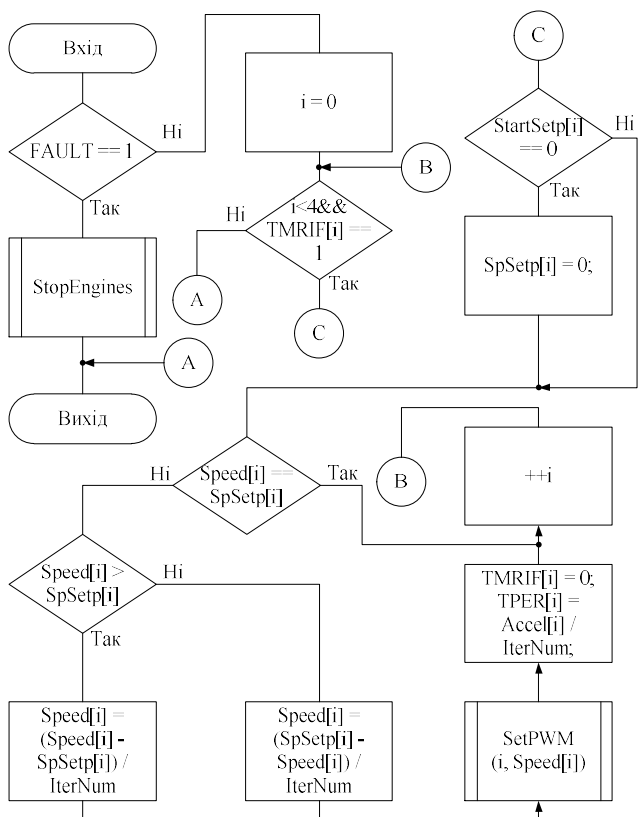


Рис. 3. Блок-схема алгоритму функції MotorControl

На початку виконання функція MotorControl перевіряє стан прапорця FAULT. Якщо зафіксовано аварію, контролер зупиняє всі двигуни та завершує роботу функції. У нормальному режимі контролер почергово обробляє стан кожного двигуна. Якщо для певного двигуна встановлено команду зупинки ($\text{StartSetp}[i] = 0$), система задає бажану частоту обертання ($\text{SpeedSetp}[i]$) рівною нулю. Далі запускається алгоритм розгону або зупинки. Якщо поточна та задана частоти збігаються, контролер переходить до наступного двигуна. В іншому разі відбувається поступовий розгін або гальмування – залежно від порівняння значень $\text{Speed}[i]$ і $\text{SpeedSetp}[i]$.

Алгоритм розгону/зупинки реалізовано з використанням вбудованих цифрових таймерів мікроконтролера. Загальний період зміни швидкості поділено на IterNum рівних інтервалів, значення яких

зберігається у регістрі періоду таймера TPER[i]. Після завершення кожного інтервалу таймер встановлює прапорець TMRIF[i], а контролер виконує лінійне збільшення або зменшення частоти обертання відповідного двигуна.

Висновок. Побудова системи керування БТЗ з урахуванням описаного алгоритмічного забезпечення надає можливість ефективного функціонування приводних ГЕП у різних режимах роботи. Використання апаратних засобів захисту, мостових схем на базі IGBT-транзисторів і інтерфейсу RS-485 підвищує стійкість системи до збоїв та електромагнітних впливів. Запропоноване алгоритмічне забезпечення обробки команд, перевірки цілісності даних, розгону та зупинки двигунів гарантують плавність керування, високу точність регулювання швидкості та своєчасне реагування на аварійні ситуації. Впровадження функцій телеметрії дозволяє здійснювати моніторинг поточних параметрів системи у реальному часі. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення методів адаптивного керування електроприводами ГЕП та розробку інтелектуальних алгоритмів самодіагностики, що підвищить надійність і автономність системи при тривалій експлуатації.

References

1. Voitasyk, A.M., Sabutskyi, I.P. (2024). Struktura systemy avtomatychnoho keruvannia bezekipazhnym nadvodnym katerom [Structure of the automatic control system for an unmanned surface boat]. *Elektromekhanichni i enerhozberihaiuchi systemy—Electromechanical and energy-saving systems*, №3 (66), (pp. 14-21) [in Ukrainian].
2. Voitasyk, A.M., Sabutskyi, I.P. (2024). Systema avtomatychnoho keruvannia kursom bezekipazhnoho nadvodnoho katera [Automatic course control system for an unmanned surface boat]. *Elektromekhanichni i enerhozberihaiuchi systemy—Electromechanical and energy-saving systems*, №4 (67), (pp. 27-37) [in Ukrainian].
3. Zhu, Z., Huang, D., Yang, F., He, H., Liang, F., Voitasyk, A. (2025). Learning-aided adaptive robust control for spiral trajectory tracking of an underactuated AUV in net-cage environments. *Applied Science*. 15(19), 10477. <https://doi.org/10.3390/app151910477>

ALGORITHMIC SUPPORT FOR AN UNMANNED VEHICLE CONTROL SYSTEM

Modern trends in the development of automatic control systems for technical means require the use of reliable microcontroller solutions to ensure stable operation of drives for electric propulsion devices in difficult marine operating conditions. The paper presents a detailed description of the algorithmic support for the control system for an on-board technical means, which is based on a microcontroller device and involves the use of hardware protection and bridge electrical circuits on IGBT transistors.

The solutions proposed in the paper fully provide processing of commands from higher-level systems, telemetry collection, generation of control signals for the frequency of rotation of electric propulsion devices and implementation of algorithms for acceleration and stopping of executive electric motors. Data exchange between the control module and the information exchange module is carried out via the RS-485 interface, which guarantees stable and interference-free communication.

The described in detail device of algorithmic support of the control system of an unmanned vehicle can be used when creating autonomous or remotely controlled marine mobile platforms, ensuring their effective movement and positioning accuracy. All implemented protective functions are performed at the hardware level, which ensures their independence from the operation of the microcontroller and increases the reliability of the system.

Key words: *unmanned vehicle, automatic control system, information exchange, sensors, microcontroller, electric rowing device.*

Відомості про автора / Information about the Author

Андрій Войтасик, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, факультету комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: andrii.voitasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

Andrii Voitasyk, PhD, Senior lecturer of the Department of automation and computer-integrated technologies of the Faculty of computer science of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: andrii.voitasyk@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6108>.

*Микола Сідєлев,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ,
Олександр Поздняков,
аспірант спеціальності
«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»
Валерій Пуговкін,
студент 4 курсу спеціальності
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

СИСТЕМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОСТІ РОБОТИ ЕНЕРГОСИСТЕМ

У даній роботі представлено ідеї по вирішенню проблем енергостійкості автономного підприємства через негарантоване зовнішнє джерело електричної енергії. Проблема енергостійкості підприємства може бути вирішена за рахунок побудови структури енергозабезпечення, що включає в себе дизельний генератор, вітряний генератор, сонячні панелі, акумуляторну батарею, випрямлячі-перетворювачі, інвертор.

Вся система керується інтегрованим комп'ютером, котрий висвітлює електричні і температурні параметри, виконує технічну діагностику системи та визначає керовані впливи на схему функціонування. Автоматизована система керування аналізує цілодобово витрати дизельного палива, електроенергії на споживання, заряд акумуляторів, запам'ятовує кількість виробленої електроенергії різними джерелами, оптимізує графік перемикання цих джерел з метою мінімізації загальних витрат.

Практична цінність дослідження полягає у можливості реалізації подібної екосистеми на підприємствах різної електроенергетичної потужності, комбінуючи джерела живлення, котрі є в наявності, а при їх недостатності проблема вирішується перепрограмуванням алгоритму перемикань за добовим графіком.

Ключові слова: екосистема, відновлювальна енергетика, дизель-генератор, вітрогенератор, сонячні панелі, акумулятори, інвертори, датчики.

Загальна постановка питання. В сучасних умовах, коли будови критичної інфраструктури можуть бути пошкодженими у будь-який

час, особливої уваги потребують джерела електричної енергії. Тим паче вони можуть бути пошкодженими в першу чергу через військові події, що відбуваються в певний час. Тому особливу увагу важливо приділити методам резервування джерел електричної енергії.

Якщо в розпорядженні підприємства є такі засоби, як дизель-генератори, вітрові генератори, сонячні панелі, структуру резервної генерації електроенергії можна представити як на рис. 1.

Внутрішня електрична мережа підприємства зазвичай потребує 3 фази по 220 В. На випадок зникнення електроенергії в міській мережі, вона може бути забезпечена дизельним генератором або працюючими інверторами від збереженої енергії в акумуляторних блоках. Процеси перемикання джерел живлення забезпечуються сервером через програмовані логічні контролери і комутатори.

Безперервний контроль параметрів мережі, дизель-генератора, вітрового генератора, сонячних панелей, інвертора, рівня заряду акумуляторів забезпечується приладами і датчиками (напруги, струму, температури тощо).

Ядром структури служить сервер з програмним забезпеченням, що збирає дані з датчиків, проводить технічну діагностику засобів, приймає рішення на їх чергову комутацію. Окрім цього сервер збирає статистичні дані стосовно добового споживання електроенергії, генерації електроенергії дизель-генератора, вітрогенератора та сонячних панелей, ступені заряду та разряду акумуляторів.

На основі основі зібраних даних серверні програми виконують аналіз щодо оптимізації режимів і графіку перемикання джерел з метою зменшення витрат і економії ресурсів.

На рис. 1 представлена гнучка система резервування джерелами електроенергії для реалізації в різних умовах і залежить: 1) від потужності споживання підприємством; 2) від наявності першоджерел електроенергії; 3) від місця розташування підприємства.

Стосовно проектування та налагодження окремих вузлів схеми можна скористатися готовими рішеннями, представленими в [1].

Схема забезпечення безперебійного живлення. Задля надійної роботи підприємства в умовах нестабільної подачі електроенергії з міської мережі, як уже показано вище, бажано мати кілька незалежних джерел енергії. Це можуть бути окрім електричних мереж дізельні генератори, сонячні панелі, вітрогенератори тощо. І основне завдання, котре ставиться перед головними енергетиками підприємств, можливість «безшовного» переходу між різними джерелами електричної енергії.

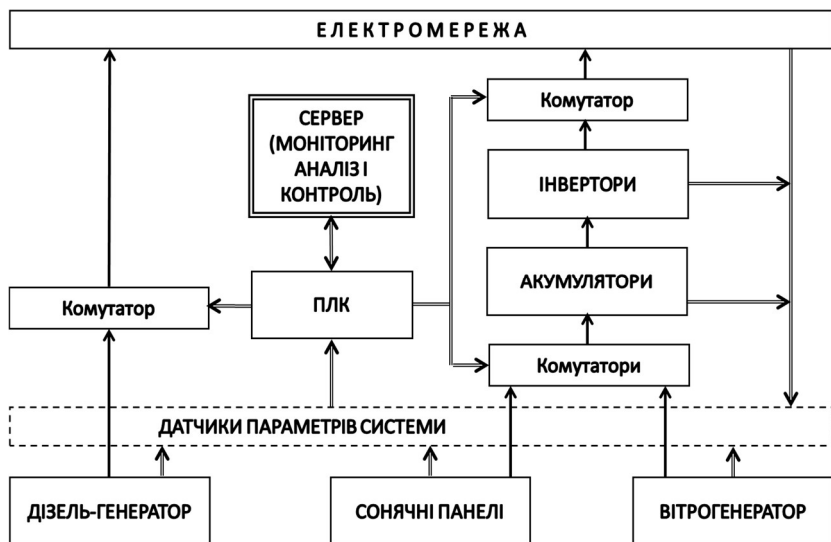


Рис. 1. Концептуальна схема відновлювальної енергетики в локальній мережі підприємства

Сучасний етап розвитку електроніки та систем зберігання електричної енергії дозволяє переглянути класичну схему забезпечення безперебійної роботи підприємства.

Класична система має на увазі запуск генератора при зникненні електричної енергії з мережі. Недоліками даної схеми є зупинка виробництва на момент запуску генератора, нестабільність частоти генератора, що може спричинити збої в складному електронному обладнанні. Також генератори — це шум і дим. Вартість цієї електричної енергії дуже велика. І обумовлена необхідністю заправки генератора та його технічного обслуговування.

Використання сонячних панелей можливе як доповнення до електричної мережі, яка дозволяє знизити вартість електричної енергії для споживача. Недолік цієї схеми полягає у дуже сильній залежності від погодних умов та часу доби.

Використання вітрогенерації дає більшу перевагу перед використанням електричних панелей. І головна перевага — це потужність, яку можна отримати з одного квадратного метра займаної площі. Але головними недоліками даної системи є дорожнеча, дуже сильна залежність від погоди, а також району розміщення, неможливість розміщення вітрогенераторів поблизу житлових і виробничих будівель.

Інші види генерації є окремими випадками і не отримали повсюдного розвитку. Але їхнє використання можна передбачити при побудові системи надійного забезпечення електричною енергією підприємства, домогосподарств тощо.

Розглянемо, як можна поєднати наведені вище джерела електричної енергії. З одного боку, ми маємо мережу, яка є сталевою, але непередбачуваною через наявність аварійних ситуацій. З іншого боку, ми маємо альтернативні джерела енергії знов-таки з нестабільними показниками, але більш-менш передбачуваною поведінкою. Споживання електричної енергії так само не є стабільним у часі. З огляду на це пропонується використовувати постійний струм як спільний знаменник для різних джерел електричної енергії. Схема побудови наведена на рис 2.



Рис. 2. Схема забезпечення безперебійного живлення споживачів електричною енергією із різних джерел

Ця схема побудови дозволяє керувати енергією як реального часу. Наприклад, якщо багато сонячної, вітрової чи іншої енергії, її надлишок спрямовується в систему зберігання (акумуляторну батарею). При наповненні акумуляторів енергію можна буде продавати в мережу. Коли мережа не доступна або споживання велике (внаслідок технологічного процесу), тоді інвертор бере електричну енергію з шини постійного струму. А це й сонячні панелі, вітрогенератори та інші

альтернативні джерела енергії. Якщо сумарної потужності цих джерел недостатньо, недолік компенсується акумуляторною батареєю.

При тривалій роботі в такому режимі заряд батареї знижуватиметься і при досягненні 20% від ємності відбудеться запуск генератора, який виробленою енергією покриє нестачу вироблення альтернативними джерелами енергії, а надлишками заряджатиме акумуляторну батарею. При досягненні заряду 100% генератор вимкнеться та цикл повториться. Дане підключення генератора гарантує, що він завжди буде навантажений оптимально (приблизно 75% від номінальної потужності), що веде до економії палива.

Висновок. Генеруючі резерви електроенергії – це критично важливий елемент забезпечення надійності, стабільності та якості енергосистеми. Вони є основою енергетичної безпеки підприємств і держави, що дозволяє підтримувати стійке електропостачання, незважаючи на аварії, піки попиту та волатильність відновлюваних джерел енергії. Ефективне управління ними потребує значних інвестицій у сучасні, високоманеврені технології.

References

1. Victron energy. Products. Retrieved from: <https://www.victronenergy.com/>

*Mykola Sidelev
Oleksandr Pozdniakov
Valery Pugovkin*

RENEWABLE ENERGY SYSTEMS TO INCREASE RELIABILITY AND ECONOMIC EFFECTIVENESS OF ENERGY SYSTEMS

This paper presents ideas for solving the problems of energy stability of an autonomous enterprise through an unguaranteed external source of electrical energy. The problem of energy stability of an enterprise can be solved by building an energy supply structure that includes a diesel generator, a wind generator, solar panels, a battery, rectifiers-converters, an inverter.

The entire system is controlled by an integrated computer that highlights electrical and temperature parameters, performs technical diagnostics of the system and determines controlled influences on the operating scheme. The automated control system analyzes around the clock the consumption of diesel fuel, electricity for consumption, battery charge, remembers the amount of electricity generated by various sources, optimizes the switching schedule of these sources in order to minimize total costs.

The practical value of the study lies in the possibility of implementing a similar ecosystem at enterprises of different electrical power capacity, combining available power sources, and in case of their insufficiency, the problem is solved by reprogramming the switching algorithm according to a daily schedule.

Keywords: *ecosystem, renewable energy, diesel generator, wind generator, solar panels, batteries, inverters, sensors.*

Відомості про авторів / Information about the Authors

Микола Сіделєв, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Mykola Sidelev, Ph.D, Docent, Associate Professor of the faculty of automatics and the computerintegrated technologies of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: nikolay.sidelev@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1607>.

Олександр Поздняков, аспірант спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ualexander1977@gmail.com, orcid: 0009-0005-9414-0964

Oleksandr Pozdniakov, postgraduate student in the specialty "Automation, Computer-Integrated Technologies and robotics" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ualexander1977@gmail.com, orcid: 0009-0005-9414-0964.

Валерій Пуговкін, студент 4 курсу спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: likbabyinthelik@gmail.com.

Valery Pugovkin, 4th year student of the specialty "Automation and Computer-Integrated Technologies" of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: likbabyinthelik@gmail.com.

Костянтин Друзенко,
студент,
Олег Шесюк,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ,
Олег Прищепов,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ У ЗЕРНОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Проведено порівняння широко розповсюджених моделей оцінки якості інтерфейсу — ISO 9241-210, евристична оцінка, QUIM, SUS/USE — та змішаного кількісно-якісного підходу, який будує комплексний індекс якості та перевіряє відмінності за допомогою t-критерію Стьюдента та величин ефекту. Проаналізовано процес, що стандартизує метрики, балансує суб'єктивні анкети з об'єктивними даними про продуктивність і застосовує надійну статистику (перевірка нормальності, t Велча за потреби, корекція Холма-Бонферроні). Показано, що інтегральний індекс чутливий до покращень дизайну, узгоджується з анкетними оцінками та забезпечує прозоре ранжування альтернатив. Описано вимоги до експериментального дизайну (єдині сценарії, мінімізація навчального ефекту, контроль дисперсій), правила нормування показників у шкалу 0–1 та підходи до вибору ваг (рівні, експертні, ентропійні). Запропонована схема забезпечує відтворення, придатні до прийняття інженерних рішень висновки і може використовуватися в регульованих або критично важливих для безпеки галузях. Практичне впровадження передбачає протоколування вихідних даних, відкалібровані інструкції модератора, визначені критерії припинення завдань, а також звітність з довірчими інтервалами й розміром ефекту для ключових метрик продуктивності та задоволеності користувачів. Підтримується аудит та відтворення результатів за потреби.

Ключові слова: *Автоматизація, зернове виробництво, елеватори, сушіння зерна, транспортування, сенсори, моніторинг, дистанційне управління, дрони, стабільність виробництва.*

Автоматизація зернового виробництва є одним із ключових напрямів розвитку сільського господарства у XXI столітті. З кожним роком технології стають усе більш доступними, ефективними та необхідними для стабільного функціонування аграрного сектору.

Впровадження автоматизованих систем дозволяє суттєво підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити залежність від людського фактора, підвищити якість продукції та знизити загальні витрати. Це особливо важливо в умовах воєнного часу, коли сільське господарство стикається з низкою складних викликів — від нестачі кваліфікованих кадрів до знищення інфраструктури та обмеженого доступу до ресурсів.

Одним із найважливіших напрямів автоматизації є модернізація систем управління елеваторами та зерноскладами. Сучасні елеватори дедалі частіше обладнуються інтелектуальними системами моніторингу, що дозволяють у режимі реального часу контролювати такі параметри, як температура, вологість, рівень заповнення бункерів тощо. Дані параметри є критичними для забезпечення якісного та тривалого зберігання зерна. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення аграрії мають можливість дистанційно відстежувати стан зерна, аналізувати зміни та оперативно вносити корективи у процеси, не перебуваючи безпосередньо на об'єкті [1].

Крім того, автоматизовані системи мають суттєвий вплив на процеси сушіння та очищення зерна. Використання сенсорних технологій дозволяє точно визначати ступінь вологості, автоматично регулювати температуру сушильних камер і налаштовувати інтенсивність роботи систем очищення. Завдяки цьому можна уникнути як пересушування, так і зберігання зерна з надмірною вологістю, що могло б призвести до псування продукції. Роботизовані системи дозволяють також мінімізувати вплив людського фактора, що значно підвищує стабільність та передбачуваність результатів.

У контексті війни особливої ваги набуває автоматизація транспортних операцій. Зерно необхідно не лише виростити та зберегти, а й доставити до місця призначення — чи то на внутрішній ринок, чи то на експорт. Використання автоматизованих конвеєрних систем, навантажувачів, систем сортування та фасування дозволяє прискорити логістичні операції та знизити потребу в робочій силі. Більше того, автоматизовані комплекси можуть працювати у складних умовах, коли через небезпеку або дефіцит працівників ручна праця стає неможливою чи надто ризикованою.

Ще одним аспектом автоматизації, який заслуговує на увагу, є точні системи зважування. У процесі прийому, зберігання та відвантаження зерна точність має вирішальне значення, адже будь-яка помилка може призвести до фінансових втрат або суперечок між сторонами. Автоматичні вагові комплекси забезпечують фіксацію точних результатів, ведення обліку, формування звітності та навіть інтеграцію з системами бухгалтерського обліку. Це дозволяє агропідприємствам підвищити прозорість і контроль над усіма етапами обігу зерна.

Разом з тим, впровадження автоматизованих технологій не обходиться без труднощів. Найбільшою перешкодою у воєнний час є руйнування інфраструктури. Бойові дії призводять до пошкодження елеваторів, зерносховищ, логістичних вузлів, а також до перебоїв у постачанні електроенергії. Оскільки більшість автоматизованих систем залежать від стабільного електроживлення, це значно ускладнює їх функціонування. Окрім цього, висока вартість електроенергії, пального, обладнання та запчастин робить автоматизацію фінансово затратною, особливо для малих та середніх господарств.

Незважаючи на ці труднощі, у довгостроковій перспективі автоматизація залишається стратегічно вигідною. Інвестиції в сучасне обладнання окуповуються завдяки підвищенню продуктивності, скороченню втрат, оптимізації витрат на персонал та енергію. Автоматизовані системи дозволяють оперативно реагувати на зміни на ринку, адаптуватися до нових умов ведення бізнесу та забезпечити гнучкість виробництва [2].

Окрему роль у автоматизації сучасного сільського господарства відіграють безпілотні літальні апарати — дрони. Завдяки використанню GPS-навігації та сенсорів високої точності, дрони здатні виконувати широкий спектр завдань: від моніторингу стану посівів до внесення добрив і засобів захисту рослин. Такий підхід дозволяє точно дозувати ресурси, знижуючи витрати і зменшуючи навантаження на довкілля. Дрони можуть також використовуватись для швидкої оцінки стану полів після обстрілів або інших надзвичайних ситуацій, коли доступ до земельних ділянок ускладнений.

Іншим напрямком є системи точного землеробства, які базуються на аналізі даних, отриманих з полів за допомогою різноманітних датчиків, супутникових знімків та дронів. Ці системи дозволяють створювати карти врожайності, прогнозувати розвиток культур, визначати оптимальні строки сівби та збору врожаю, а також контролювати стан ґрунту. Завдяки цьому аграрії можуть максимально ефективно використовувати наявні ресурси, зменшити витрати на добрива, пестициди та паливо, підвищуючи загальну ефективність виробництва.

Після завершення воєнних дій автоматизація зернового виробництва отримає новий поштовх до розвитку. Підприємства, що зазнали руйнувань, будуть змушені відновлювати інфраструктуру фактично з нуля. У цьому контексті автоматизовані технології можуть стати не лише засобом модернізації, а й інструментом швидкої адаптації до нових умов. Нові підприємства, збудовані з використанням сучасних технологій, будуть значно більш ефективними, енергоощадними та конкурентоспроможними як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Крім того, автоматизація дозволить аграрному сектору краще інтегруватися у світову аграрну економіку. Висока якість продукції, стабільність постачання, відповідність міжнародним стандартам — усе це є важливими чинниками успішного експорту. Україна, як один з провідних експортерів зерна у світі, має великі шанси не лише відновити, а й зміцнити свої позиції на міжнародному ринку за рахунок впровадження інноваційних підходів у виробництво та логістику.

Ще одним важливим аргументом на користь автоматизації є зменшення потреби в ручній праці. У зв'язку з мобілізацією населення, евакуацією з небезпечних регіонів та загальною нестачею кваліфікованих кадрів, аграрний сектор України відчуває серйозну потребу у працівниках. Автоматизовані системи частково розв'язують цю проблему. Машини для очищення, сортування, завантаження, транспортування та фасування зерна можуть працювати з мінімальним втручанням людини або повністю автономно, що значно знижує навантаження на персонал та дозволяє виконувати більше роботи за коротший проміжок часу.

Також автоматизація позитивно впливає на екологічну складову агровиробництва. Технології точного землеробства дозволяють застосовувати добрива та засоби захисту рослин лише в тих ділянках, де це дійсно необхідно. Це знижує забруднення ґрунтів і підземних вод, зменшує ризики для здоров'я працівників та навколишнього середовища. Використання дронів, сенсорів, супутникових знімків та аналітичного програмного забезпечення дозволяє мінімізувати втручання у природу, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.

Крім того, автоматизація сприяє впровадженню нових підходів до управління агробізнесом. Системи управління підприємствами (ERP-системи), що інтегруються з автоматизованим обладнанням, дають змогу в режимі реального часу контролювати запаси зерна, рух транспорту, стан обладнання, витрати енергії, ефективність персоналу тощо. Це створює новий рівень прозорості та керованості, де кожна операція підлягає моніторингу та аналізу, а рішення приймаються на основі точних даних, а не припущень чи досвіду окремих працівників.

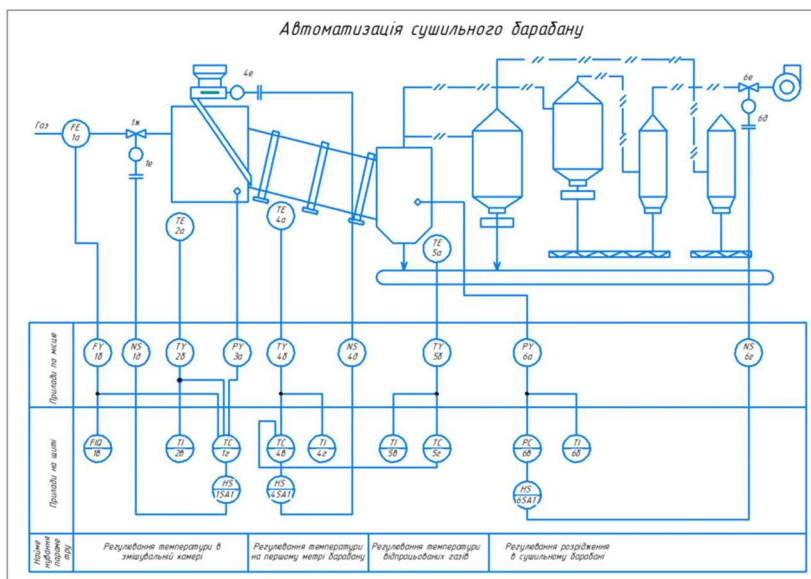
Не менш важливим є й аспект безпеки. Автоматизовані системи значно знижують ризики для життя та здоров'я працівників, особливо у потенційно небезпечних зонах, таких як сушарки, завантажувальні механізми або резервуари з великим об'ємом зерна. Крім того, можливість дистанційного управління дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації без потреби перебування персоналу у зоні ризику. У воєнний час це набуває особливого значення, оскільки забезпечення безпеки працівників і підприємств є пріоритетом.

Поряд із цим, автоматизація підтримує створення нових робочих місць, але вже в іншій площині — для технічних фахівців, програмістів, інженерів-механіків, аналітиків даних тощо. Ці спеціалісти потрібні для проєктування, встановлення, обслуговування та модернізації автоматизованих систем. Таким чином, автоматизація не скасовує потребу у людській праці, а трансформує її, виводячи на новий рівень якості та професіоналізму [3].

Окремої уваги заслуговує досвід передових аграрних країн, таких як США, Канада, Німеччина, Нідерланди, де автоматизація сільського господарства вже давно є нормою. Ці країни активно використовують роботи-комбайни, автономні трактори, системи обліку в режимі реального часу, IoT-пристрої (Internet of Things), а також технології штучного інтелекту для аналізу великих масивів аграрних даних. Вивчення та адаптація цього досвіду можуть суттєво прискорити розвиток українського агросектора, зробивши його конкурентоспроможним на глобальному рівні.

У післявоєнний період автоматизація також сприятиме реалізації стратегічних завдань держави. Відновлення аграрної інфраструктури потребуватиме сучасного підходу — не просто повернення до довоєнного стану, а створення якісно нової аграрної системи, яка буде більш стійкою до зовнішніх загроз, менш залежною від коливань ринку та здатною швидко адаптуватися до викликів часу [1].

В умовах євроінтеграції автоматизація також є запорукою відповідності української продукції вимогам міжнародних стандартів якості, простежуваності, екологічності. Це відкриє нові ринки, дозволить отримувати вищу додану вартість, брати участь у програмах міжнародної кооперації та залучати іноземні інвестиції. Більше того, сучасні технології зменшують залежність від традиційних ризиків, таких як кліматичні зміни, що також є великою перевагою для українських аграріїв.



Kostiantyn Druzenko
Oleg Shchesiuk
Oleg Pryshchepov

AUTOMATION IN CEREAL PRODUCTION

*A comparison is conducted of widely adopted interface quality assessment models—ISO 9241-210, heuristic evaluation, QUIM, and SUS/USE—and a mixed quantitative–qualitative approach that constructs a composite quality index and tests differences using Student’s *t*-test and effect sizes. The workflow standardizes metrics, balances subjective questionnaires with objective performance data, and applies robust statistics (normality checks, Welch’s *t* where appropriate, Holm–Bonferroni correction). The composite index is shown to be sensitive to design improvements, aligned with questionnaire scores, and to provide transparent ranking of alternatives. Requirements for experimental design (common scenarios, minimization of learning effects, variance control), rules for normalizing indicators to a 0–1 scale, and approaches to weight selection (equal, expert, entropy-based) are described. The proposed scheme yields reproducible, decision-grade conclusions and is suitable for regulated or safety-critical domains. Practical deployment entails logging raw data, calibrated moderator instructions, predefined task termination criteria, and reporting with confidence intervals and effect sizes for key performance and user-satisfaction metrics. Auditability and reproduction of results are supported as needed.*

Keywords: Automation, grain production, elevators, grain drying, transportation, sensors, monitoring, remote control, drones, production stability.

Відомості про автора / Information about the Author

Костянтин Друзенко, студент Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hughappens@gmail.com.

Kostiantyn Druzenko, student of Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hughappens@gmail.com.

Олег Щесюк О.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКИТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Oleg Shchesiuk – PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea

National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: taifun.kv@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1467-3751>.

Олег Прищепов, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри АКІТ, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

Oleg Pryshchepov, PhD, Associate Professor of Automation and Computer-Integrated Technologies Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolayiv, Ukraine, E-mail: priof@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9608-2703>.

UDC 678.742+544.722+620.1

Lysenkov E.A.,

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Physics and Mathematics,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine*

NEW MULTIFUNCTIONAL NANOCOMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYLACTIDE AND ARAMID NANOFIBERS

The development of sustainable and high-performance polymer nanocomposites is one of the key directions in modern materials science. Polylactide (PLA), a biodegradable thermoplastic derived from renewable sources, has attracted significant attention due to its environmental compatibility, biocompatibility, and favourable mechanical and optical properties. However, the relatively low thermal stability, brittleness, and poor electrical properties of neat PLA limit its practical applications in advanced engineering and biomedical fields. To overcome these drawbacks, the introduction of nanoscale reinforcing agents has become a highly effective strategy.

Among various nanofillers, aramid nanofibers (ANFs) are of particular interest because of their exceptional mechanical strength, thermal stability, and ability to form strong hydrogen-bonded networks within polymer matrices. The combination of PLA and ANFs is expected to provide a synergistic enhancement of structural, thermal, and dielectric performance while maintaining biodegradability and lightweight characteristics.

The main objective of this work is to develop new multifunctional PLA-based nanocomposites reinforced with aramid nanofibers and to establish

correlations between their structure and key physical properties – thermal, mechanical, and dielectric.

Poly(lactide) (PLA) granules were dried under vacuum at 60 °C for 12 h prior to processing. Aramid nanofibers were synthesized via a deprotonation method from Kevlar fibres using a DMSO/KOH system, followed by washing and redispersion in water [1]. The PLA/ANF nanocomposites were prepared by melt blending using a high-shear mixing device at 190 °C with shear rates up to 100 s⁻¹, ensuring uniform dispersion of ANFs in the polymer matrix. The concentration of ANFs varied from 0.1 to 2 wt%. The resulting materials were compression molded into films for testing.

The morphology and microstructure were characterized by scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD). Thermal behavior was studied by differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA). Mechanical properties were evaluated using tensile tests at room temperature, and dielectric spectroscopy was performed in the frequency range 10²–10⁶ Hz.

The structural investigations of the PLA/ANF nanocomposites revealed pronounced changes in the morphology and supramolecular organization of the polymer matrix with increasing ANF concentration. SEM micrographs demonstrated a homogeneous distribution of aramid nanofibers within the PLA matrix at low filler loadings (0.1–0.5 wt%), indicating effective dispersion and interfacial compatibility between the two components. At higher contents (1–2 wt%), partial aggregation of nanofibers was observed; however, these aggregates remained finely distributed, forming a continuous three-dimensional network structure. Such morphology facilitates efficient stress transfer and the formation of percolation-type contacts, which are crucial for improving both mechanical and dielectric performance.

X-ray diffraction (XRD) analysis confirmed the semicrystalline nature of neat PLA, showing characteristic reflections at $2\theta \approx 16.7^\circ$ and 19.1° , corresponding to the (110)/(200) and (203) planes. The addition of ANFs led to a noticeable increase in the intensity and sharpness of these peaks, indicating enhanced crystallinity. The aramid nanofibers acted as heterogeneous nucleating agents, promoting ordered arrangement of PLA macromolecules. This effect was most pronounced at 1 wt% ANF, where the degree of crystallinity increased by approximately 15% compared to neat PLA. At higher filler loadings, a slight reduction in crystallinity was detected, which can be attributed to the restricted mobility of polymer chains within the denser ANF network.

The thermal properties of the nanocomposites exhibited a clear dependence on the filler concentration. Differential scanning calorimetry revealed that the glass transition temperature (T_g) of PLA increased from 59

°C to 63 °C with 1 wt% ANF, indicating restricted chain mobility due to strong hydrogen bonding interactions between the carbonyl groups of PLA and the amide groups of ANFs. The cold crystallization temperature (T_{cc}) shifted to lower values, confirming the nucleating effect of ANFs. Melting temperature (T_m) exhibited a slight increase (by about 2–3 °C), while thermogravimetric analysis demonstrated a delay in the onset of thermal degradation by 10–20 °C, depending on filler content. This enhancement in thermal stability is attributed to the barrier effect of the aramid nanofiber network, which suppresses heat and mass transfer during decomposition.

The mechanical properties showed a significant reinforcement effect at low filler concentrations. The tensile strength of PLA increased from 52 MPa (neat PLA) to 72 MPa for composites with 1 wt% ANF, while the Young's modulus increased from 2.4 GPa to 3.8 GPa. The elongation at break decreased slightly, indicating a transition from ductile to quasi-brittle behavior, typical for rigidly reinforced systems. The enhancement of mechanical performance can be explained by efficient load transfer across the polymer–fiber interface due to hydrogen bonding and mechanical interlocking. At higher filler loadings (>1 wt%), the mechanical improvement reached a plateau or slightly decreased, most likely due to partial aggregation of nanofibers, which acts as stress concentrators.

From a heat transfer standpoint, the incorporation of ANFs improved the thermal conductivity of the composites by approximately 20–25% relative to neat PLA. This effect is associated with the high intrinsic thermal conductivity of the aramid nanofibers and the formation of conductive heat-transfer pathways through the polymer matrix. The results suggest potential utility of the materials for applications requiring thermal management and dimensional stability under heat load.

The dielectric characterization of the PLA/ANF nanocomposites revealed complex behavior depending on the filler concentration and frequency. The real part of the dielectric permittivity (ϵ') increased moderately with the addition of ANFs, reaching a maximum at 1 wt% loading, which can be attributed to the interfacial polarization (Maxwell–Wagner–Sillars effect) arising from the heterogeneous structure of the composite. The dielectric loss factor ($\tan \delta$) decreased in the low-frequency region, indicating reduced dipole relaxation and improved dielectric stability. The overall improvement in dielectric performance suggests that ANFs contribute to both polarization alignment and suppression of charge carrier migration, enhancing insulation capability.

The synergistic effect between the PLA matrix and ANFs can thus be interpreted as a result of two concurrent mechanisms: (I) formation of a percolated hydrogen-bonded network providing structural reinforcement and

enhanced interfacial adhesion, and (II) the nucleating and barrier effects of ANFs leading to better thermal and electrical stability [2]. The combination of these effects results in a nanocomposite system with balanced stiffness, heat resistance, and functional dielectric response, while maintaining the environmental advantages of PLA.

Overall, the obtained results demonstrate that a relatively small amount of aramid nanofibers (around 1 wt%) is sufficient to induce significant changes in the structural hierarchy and multifunctional properties of PLA, without compromising its processability or biodegradability. These findings confirm the high potential of PLA/ANF nanocomposites for applications in sustainable engineering materials, biomedical devices, and dielectric components for lightweight electronic systems.

References

- [1] Lin J, Bang SH, Malakooti MH, Sodano HA. Isolation of aramid nanofibers for high strength and toughness polymer nanocomposites. *ACS Appl Mater Interfaces* 2017; 9(12): 11167–11175.
- [2] Kim SJ, Eom TG, Seo M, et al. Aramid nanofiber-reinforced poly(lactic acid) nanocomposites with enhanced thermal stability, melt-crystallization rates, and mechanical toughness. *Polym Compos* 2024; 45(4): 3809–3822.

Chuiko G.,
*D.Sc. in Physics and Mathematics, Professor of Computer
Engineering Department,*
Yaremchuk O.,
*Senior Lecturer of the Department of Medical and Biological
Disciplines,*
Bazhenov D.,
*MS Student of Computer Engineering Department,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine*

FEATURE ENGINEERING AND NOISE REDUCTION FOR CARDIOVASCULAR RISK PREDICTION IN WEKA

CardiacDirect (<https://www.cardiacdirect.com/>) is a US-based medical equipment supplier specialising in Machine Learning (ML), what medical professionals refer to as diagnosis or prognosis corresponds to a classification task [1]. When evaluating classifier performance, it is important to use multiple assessment metrics. Although Accuracy, Precision, Recall, and F1-score are widely applied in ML, each has limitations, especially when interpreted in isolation [2]. Therefore, additional indicators such as the Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (ROC AUC), Area Under the Precision-Recall Curve (PRC AUC), the Matthews Correlation Coefficient (MCC), and Cohen's Kappa provide deeper insight into model effectiveness and are particularly useful when comparing different classifiers.

The object of study refers to the specific system, phenomenon, or entity being investigated the “what” of the research. In the referenced document, the object of study is the prediction of heart attack risk using machine learning methods.

The subject of study, in contrast, concerns the conceptual, methodological, or theoretical lens through which the object is examined the “how” of the research. In this case, the subject of study involves using deep learning and feature engineering to enhance the accuracy and efficiency of predictions in clinical datasets.

The researchers reported that artificial neural networks (ANN) can reach an accuracy level of approximately 90% when applied to the examined datasets. To provide a more comprehensive assessment, they supplemented Accuracy with performance indicators such as the Matthews Correlation

Coefficient (MCC) and ROC AUC [3]. They also preferred using 10-fold cross-validation instead of splitting the data into separate training and testing sets. Notably, they reported relatively strong MCC values for the ANN classifier, ranging between 0.6 and 0.75.

Another authors propose a wrapper-based feature selection approach to determine the most effective subset of attributes. Their methodology consists of two steps: feature selection and classification. Grey Wolf Optimisation (GWO) is first applied to detect the most relevant features in the dataset. Then, the fitness of the GWO process is evaluated using a Support Vector Machine (SVM) classifier. According to the results, the method achieved an accuracy of 89.83%.

Older medical datasets, such as the one analysed in this study, often contain considerable noise. This can manifest as outliers or extreme attribute values, inconsistencies in records, and even incorrect target labels, commonly referred to as class noise, which is especially harmful in machine learning tasks. Mislabelled cases occur when instances are assigned the wrong class label. In medical diagnostics, this is a realistic problem since different conditions may present with similar symptoms. Attribute noise, on the other hand, refers to incorrect values within one or more features.

To detect instances with incorrect class labels, the study applied the **Co-Appearance-Based Analysis for Incorrect Records and Attribute-Value Detection (CAIRAD)** algorithm [4]. This method uses three hyperparameters:

1. **L** – co-appearance score threshold (default: 0.3).
2. **T** – co-appearance threshold (default: 0.8).
3. **M** – an option to convert detected noise into missing values, which was set to *true*.

CAIRAD identified 49 mislabeled samples out of 303 with respect to the target variable. These were removed, resulting in a reduced dataset of 254 instances. Naturally, this filtered dataset still contains missing values (ranging from 5% to 12% per attribute), but only within the features never in the target field due to CAIRAD processing.

There are three standard strategies for handling missing values:

1. Deleting incomplete instances.
2. Imputing missing attributes using averages, medians, modes, or other methods.
3. Leaving them as-is if the classifiers can process missing data.

The authors chose the third approach based on the following arguments:

1. The dataset is too small to remove additional records without compromising sample size.
2. Imputation introduces artificial values and may distort the data.

3. WEKA's deep learning classifiers, previously discussed, handle missing values effectively [5]. In their view, missing values are less detrimental than noisy ones.

This allows for a structural and numerical comparison of the two datasets: the original dataset (ds0) and the reduced version (ds1). Table 1 presents this comparison.

Table 1

Collating of two datasets

Dataset	Instance number	Attributes number	Classes	Missing values
ds0	303	13	138 – low risk 165 – high risk	absent
ds1	254	7	104 – low risk 150 – high risk	present

The reduced dataset is remarkably more imbalanced than the initial one. WEKA has a module called Experimenter, which allows the aggregation of a few classifiers working on several datasets to analyze their performance. The design of the experiment is detailed in the next section.

Design of experiment

The experiment was set to "Simple" configuration mode, and the type of experiment was "Classification" with 10-fold cross-validation. Two sets of data, which were described in the previous section, were used. Three DL algorithms of classification from WEKA were used. The iterative control process included 25 replicates for each dataset and classifier and ten cross-validations.

It resulted in 250 classifications for six possible pairs comprising two datasets and three classifiers. This approach allowed for estimating performance indicators, calculating their standard deviations, and statistically testing hypotheses. The "Data sets first" option was selected (Fig.1).

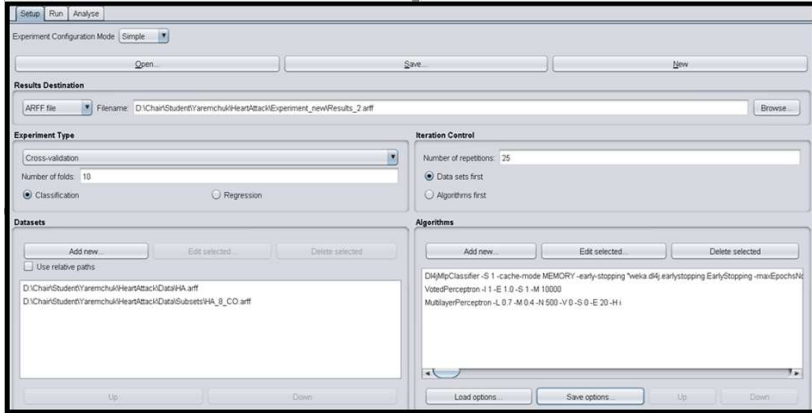


Fig. 1. Setup panel of WEKA Experimenter with the experimental design

The scientific novelty lies in developing a new, reduced, and more efficient dataset for heart attack risk estimation based on the offered feature selection method using an ensemble of evaluation algorithms.

The new dataset's practical significance lies in possibly notably reducing the resource-consuming nature of clinical diagnostics (i.e., time, costs, and labour).

REFERENCES

1. Premier Source of Medical Equipment – CardiacDirect. CardiacDirect. URL: <https://www.cardiacdirect.com/> (Last accessed: 01.10.2025).
2. Ali M. M., Paul B. K., Ahmed K., Bui F. M., Quinn J. M. W., Moni M. A. Heart disease prediction using supervised machine learning algorithms: Performance analysis and comparison. *Computers in Biology and Medicine*. 2021. Vol. 136. Art. ID: 104672. DOI: 10.1016/j.combiomed.2021.104672.
3. Noroozi Z., Orooji A., Erfannia L. Analyzing the impact of feature selection methods on machine learning algorithms for heart disease prediction. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, no. 1. Art. no. 22588. DOI: 10.1038/s41598-023-49962-w.
4. Rahman G., Islam M. Z., Bossomaier T., Gao J. CAIRAD: A Co-appearance based Analysis for Incorrect Records and Attribute-values

Detection. *The 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, Brisbane, QLD, Australia, 2012. P. 1-10. DOI: 10.1109/IJCNN.2012.6252669.

5. WEKA Manual for Version 3-9-5. 2020. University of Waikato. Weka. URL: <https://waikato.github.io/weka-wiki/> (Last accessed: 01.10.2025).

УДК 004.75

Охотський В. В.,

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна,

Нікольський В. В.,

д-р техн. наук, професор,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна,

Нац. ун-т «Одеська морська академія», м. Одеса, Україна

ІОТ-СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ З ДАТЧИКІВ НА БАЗІ ESP З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ MQTT

В епоху Інтернету речей (англ. Internet of Things, IoT) задачі віддаленого моніторингу та збору даних з датчиків є надзвичайно актуальними. Розглянемо реалізацію гнучкої та малопотужної системи збору даних на базі мікроконтролерів сімейства ESP, яка використовує протокол MQTT для передачі даних та вебінтерфейс для їх візуалізації. Платформа ESP (зокрема, ESP32 та ESP8266) є де-факто стандартом для розробки IoT-пристроїв завдяки низькій вартості та інтегрованим можливостям бездротового зв'язку. В основі лежить високопродуктивне ядро (або декілька ядер) Tensilica, що забезпечує достатню потужність не лише для зчитування даних, але й для їх первинної обробки та шифрування.

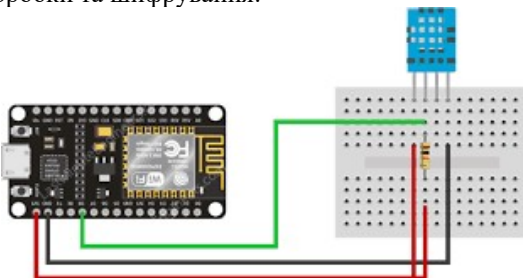


Рисунок 1 – Мікроконтролер ESP8266

Ключовою характеристикою платформи є наявність вбудованого модуля Wi-Fi, що дозволяє пристрою напямую підключатися до локальної мережі та інтернету. Важливою особливістю архітектури є наявність таких компонентів:

- набір інтерфейсів (GPIO, I2C, SPI), що дозволяє легко підключати широкий спектр цифрових та аналогових датчиків (наприклад, температури, вологості, тиску, освітленості);
- енергоефективні режими (Deep Sleep), що дозволяють створювати пристрої, які працюють від батарей протягом тривалого часу;
- підтримка популярних середовищ розробки (Arduino IDE, Espressif IDF, MicroPython), що значно спрощує процес програмування.

Плата може ефективно збирати дані з одного або декількох датчиків та відправляти їх через мережу Wi-Fi. Для передачі даних використовується протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Це легкий протокол обміну повідомленнями, що працює за моделлю «видавець-підписник» (англ. Publish-Subscribe). Такий підхід дозволяє від'єднати пристрої (датчики) від кінцевих застосунків (візуалізація), що забезпечує високу надійність та масштабованість системи.



Рисунок 2 – Загальна схема IoT-системи на базі MQTT

Для реалізації необхідно налаштувати програмне забезпечення для трьох основних ланок. Першою ланкою є видавець (Publisher): мікроконтролер ESP зчитує дані з датчиків та публікує їх у визначені «теми» (так звані топіки) на MQTT-брокері. Друга ланка це MQTT-брокер: центральний сервер (наприклад, Mosquitto або хмарний сервіс), який приймає повідомлення від видавців та перенаправляє їх усім активним підписникам. Третя ланка це підписник (Subscriber): серверний додаток (наприклад, Node-RED), який підписується на теми, отримує дані, зберігає їх у базу даних та формує веб-інтерфейс.

Мікроконтролер ESP виступає виключно як пристрій збору та відправки даних. Вебінтерфейс реалізується на стороні сервера-підписника. Він дозволяє користувачу в реальному часі моніторити показники, переглядати історичні дані у вигляді графіків та, за потреби, надсилати команди керування назад на пристрій. Така архітектура значно знижує навантаження на мікроконтролер, оскільки вся логіка візуалізації та зберігання даних винесена на сервер.

Важливим напрямком є оптимізація коду ESP для зменшення енергоспоживання у режимі «глибокого сну». Дослідження також повинно охоплювати питання безпеки передачі даних, зокрема використання шифрування (SSL/TLS) при підключенні до MQTT-брокера. Реалізація запропонованої IoT-системи є ефективним та економічно вигідним рішенням для широкого спектра задач моніторингу. Використання стандартизованого протоколу MQTT та гнучкого вебінтерфейсу для візуалізації робить систему легко масштабованою та зручною для використання.

Список використаних джерел

1. Hillar G. C. ESP32 Programming for the Internet of Things: IoT projects with Arduino, MicroPython, and FreeRTOS. Packt Publishing, 2021. 430 p.
2. Karan K., Verma S. Design and implementation of IoT based monitoring system using ESP32 and MQTT protocol. *2020 International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM)*. 2020. P. 201–205. DOI: 10.1109/ICCAKM46823.2020.9051493.
3. Banks A., Minoli D. A Primer on MQTT for IoT, M2M, and Smart Technology. John Wiley & Sons, 2019. 256 p.
4. Tripathy A. K., Mishra A. K., Das T. K. IoT-based data visualization using Grafana and InfluxDB. *Data Engineering and Communication Technology*. Springer, 2021. Vol. 679. P. 605–613. DOI: 10.1007/978-981-16-0425-4_57.

*Павленко Б. В.,
магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна,
Нікольський В. В.,
д-р техн. наук, професор,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна,
Нац. ун-т «Одеська морська академія», м. Одеса, Україна*

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ПОЛИВУ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

Актуальність та проблематика. В зв'язку з повномасштабним вторгненням РФ багато зрошувальних територій опинилися під окупацією. Провідні виробники овочевої продукції змушені були перенести виробництво на південь Одеської області, де і раніше спостерігався дефіцит води для поливу овочів. Крім того, кількість населення теж зросла. Тому все більшим стає попит в якісній продукції харчування. Тепличне господарство забезпечує цей попит незалежно від сезону, що може бути проблемою під час розгортання масового виробництва, адже налаштування мікроклімату для різної продукції відрізняються одне від одного. З'являється потреба в автоматизації процесу, що дозволить розвантажити догляд за теплицею і перекинути важку роботу на техніку [1; 2].

Мета дослідження: розробка програмно-апаратної системи, яка буде здатна в режимі реального часу вмикати і вимикати полив певних рослин в тепличному господарстві, спираючись на інформацію, отриману з датчиків [3–6], використовуючи програмований логічний контролер (ПЛК) для обробки інформації [7].

Аналіз ключових технологій. Основним компонентом є система моніторингу SCADA. SCADA – це система програмних і апаратних елементів, яка дозволяє контролювати та проводити моніторинг промислових процесів шляхом безпосередньої взаємодії з обладнанням на підприємстві і перегляду даних у режимі реального часу.

За допомогою системи SCADA можливо:

- контролювати промислові процеси та критичну інфраструктуру на місці або дистанційно;
- проводити моніторинг, збирати та обробляти дані в режимі реального часу;
- записувати події у файл журналу.

Основна архітектура SCADA починається з ПЛК або віддалених термінальних блоків (ВТБ). ПЛК і ВТБ – це мікрокомп'ютери, які взаємодіють з низкою об'єктів, таких як заводське обладнання, HMI, датчики (в розглянутому випадку) та кінцеві пристрої, а потім передають інформацію від цих об'єктів до комп'ютерів із програмним забезпеченням SCADA. Програмне забезпечення SCADA обробляє, розподіляє, відображає дані та дозволяє автоматизувати процеси виробництва.

Концепція системи. Система складається з трьох компонентів:

- 1) датчики, котрі будуть збирати інформацію про стан рослини (температура, вологість, тиск);
- 2) ПЛК, в котрий буде підключатися низка датчиків окремої гілки і кран, котрий буде регулювати потік води;
- 3) програмне забезпечення SCADA, котре буде отримувати інформацію від контролера, обробляти її та посылати відповідь назад до контролера.

Принцип роботи системи. Встановлюються датчики до гілки рослин, що мають бути одного виду для полегшення загального обчислення. Ці датчики збирають інформацію про стан навколишнього середовища для кожної рослини в гілці. Відповідно зібрана інформація про тиск, температуру і вологість передається в SCADA через ПЛК для подальшої обробки. На моніторі SCADA можна буде побачити інформацію про всі передані дані з кожного датчика для відстеження можливих помилок чи проблем [8]. Через можливості програмного забезпечення SCADA отримані дані обробляються, і якщо результат задовільний – нічого не відбувається. При зворотному результаті передається сигнал на ПЛК, відповідальний за цю гілку, і вмикається полив (рис.1).

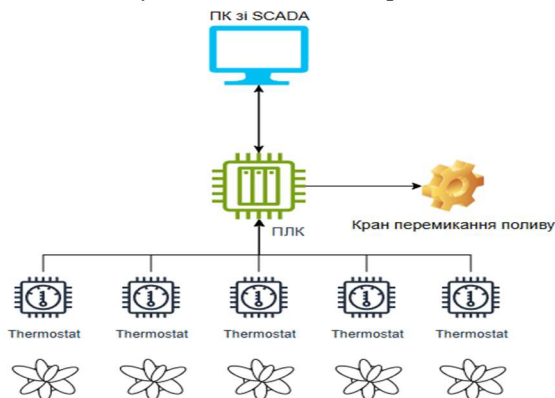


Рисунок 1 – Схема роботи системи

Додатково дані можуть зберігатися у логах самого забезпечення або бути вивантажені в окрему базу даних. Користувач/оператор може напряму взаємодіяти з системою, вмикаючи і вимикаючи полив самостійно при огляді.

Практична значущість. Розроблена система дозволяє:

- автоматизувати систему поливу рослин в теплицях;
- знизити витрати води та на робочу силу;
- відслідковувати стан усієї рослинності в межах тепличного господарства;
- простота розгортання для масових рішень.

Висновки. Створення системи поливу з допомогою SCADA є ефективним рішенням, яке значно оптимізує використання ресурсів для поливу, покращує можливості для розгортання масових проєктів та надає доступ до моніторингу і відстеження проблем в разі їх виникнення.

Список використаних джерел

1. Автоматичний полив рослин на Arduino UNO. URL: https://youtu.be/unrufP_7y18?si=8Og7KoQAe96xcLVW/ (дата звернення: 11.10.2025).
2. Bachtiar A. N., Faisal M., Darwis M. Development of smart plant watering system application based on Internet of Things. *Jurnal Informatika dan Sains (JISA)*. 2025. Vol. 08, No. 01. P. 74–80.
3. Стійкий до корозії датчик вологості землі для Arduino. URL: <https://youtu.be/bM-Br7hWAYA?si=ArdZuPzsq9au5W60/> (дата звернення: 11.10.2025).
4. Датчики вологості ґрунту для парника. Ємнісний датчик вологості ґрунту. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=folrc18K5-s/> (дата звернення: 11.10.2025).
5. Ємнісний датчик вологості ґрунту: недоліки виробників та підключення до Ардуїно. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=1xPYS0lvh9U/> (дата звернення: 11.10.2025).
6. XH-M214. Реле з датчиком вологості ґрунту : повний огляд. *ICStation*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Tfl-Ft8pXys/> (дата звернення: 11.10.2025).
7. Greenhouse automation: smart watering system for plants in greenhouse using programmable logic control (PLC). *Journal of Physics Conference Series*. 2021. Vol. 1823, Is. 1. Art. ID: 012014. DOI: 10.1088/1742-6596/1823/1/012014.
8. Abid O. U., Saeed M. T., Ali S. S., Zulfikar O., Rehman H. Z., Zeashan Khan Z. PLC and SCADA based environmental control system for greenhouses using system identification approach. *International Conference on Sustainable Development in Engineering and Technology (ICSDET'2025)*. May 2025. URL: <https://surli.cc/krqwrđ> (Last accessed: 11.10.2025).

НЕЙРОННА КОМПЕНСАЦІЯ ІНЕРЦІЙНИХ КОЛИВАНЬ РІВНЯ ПАЛЬНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ LSTM І НАВЧАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ RAW→EXPECTED

Запропоновано легковагову LSTM-модель [1] для компенсації «плескання» рівня пального на рухомій платформі. Навчання виконується у постановці регресії з еталонами, сформованими комбінованою класичною фільтрацією та ручним доопрацюванням (raw→expected). Модель забезпечує зниження похибок (MAE/RMSE) і часу виявлення заправки відносно MA/EMA і спрощеного Калмана [2]. Описано формування вибірки, нормалізацію, архітектуру та узгодження з пост-ЕМА для стабілізації виходу.

Інерційні коливання рідини у паливному баку під час руху транспортного засобу, а також динамічні маневри, такі як розгони, гальмування чи повороти, викликають псевдозміни показів датчика рівня пального (ДРП), що ускладнює точний облік витрат пального й своєчасне виявлення подій на кшталт заправки або зливу. У результаті навіть класичні алгоритми згладжування, зокрема ковзне середнє, експоненційне згладжування чи фільтр Калмана, часто виявляються недостатньо ефективними для коректної компенсації інерційних коливань і шумів у реальному часі, особливо коли траєкторія автомобіля має змінну швидкість і кут нахилу. Для розв'язання цієї проблеми запропоновано використати рекурентні нейронні мережі типу Long Short-Term Memory (LSTM), здатні моделювати довготривалі часові залежності у даних сенсорів і відокремлювати «динаміку руху» платформи від «реальної витрати пального». На відміну від звичайних фільтрів, LSTM-мережа враховує контекст попередніх спостережень і може навчитися пригнічувати вплив короточасних інерційних коливань без втрати чутливості до реальних змін рівня пального. Метою дослідження є побудова легкої нейромережевої моделі, сумісної з CPU-інференсом у реальному часі, яка забезпечує стабільну роботу на потокових даних, зменшує середньоквадратичну похибку щодо еталонів, сформованих на основі комбінованої класичної фільтрації, та пришвидшує виявлення подій заправки або зливу.

Постановка: регресія $\hat{L}_t^{true} = f_\theta(W_t)$, де $W_t = [x_{t-k}, \dots, x_t, \dots, x_{t+k}]$.

Формування вибірки: raw→expected із центрованим вікном $L = 2k + 1$ (типово $L = 21$), крайові значення – реплікація.

Нормалізація (мін–макс):

$$z = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad x = z(x_{max} - x_{min}) + x_{min}.$$

Архітектура (приклад): LSTM(32) → Dropout(0.1–0.2) → Dense(16, ReLU) → Dense(1).

Втрати/метрики: MSE (loss), моніторинг MAE, RMSE. Узгодження (по ст-ЕМА):

$$y_t = \beta \hat{L}_t^{true} + (1 - \beta)y_{t-1}, \quad \beta \in [0,1; 0,3].$$

Тренування: Adam, batch 32, 100–150 епох; EarlyStopping / ReduceLROnPlateau [3] – за валід. MAE.

Дані: реальні добові записи (1–5 Гц), траси «місто/примісто», бак 50–70 л; синтетичні сценарії (часткові заправки, стоянки, шум $\pm (3–5) \%$). Валідація: розбиття train/val/test по маршрутах; показники на «невидимих» траєкторіях.

Формули (ядро LSTM і таргет).

Цільова функція:

$$L = \frac{1}{N} \sum_t (\hat{L}_t^{true} - L_t^*)^2,$$

де L_t^* – еталон (expected).

Осередок LSTM (схема):

$$\begin{aligned} i_t &= \sigma(W_i x_t + U_i h_{t-1} + b_i); \quad f_t = \sigma(W_f x_t + U_f h_{t-1} + b_f); \\ o_t &= \sigma(W_o x_t + U_o h_{t-1} + b_o); \quad \tilde{c}_t = \tanh(W_c x_t + U_c h_{t-1} + b_c); \\ c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t, \quad h_t = o_t \odot \tanh(c_t). \end{aligned}$$

Результати:

– RMSE/MAE: зниження до $\approx 1,0–1,5 \%$ шкали проти 1,7–2,6 % у МА/ЕМА/спр. Калмана;

– Lag: < 1 точки (центрований режим), покращена детекція заправок ($\approx 30–45 \%$ часу до спрацювання);

– стійкість на стоянці: дисперсія знижена у 2,5–3,8 рази відносно сирого сигналу;

– інференс: 100–200 Гц на CPU (float32, вікно 21), сумісно з онлайн-фільтрацією;

– приклади результатів компенсації коливань наведені на рис. 1–2.



Рисунок 1 – Приклад компенсації коливань з стоянкою та запраркою

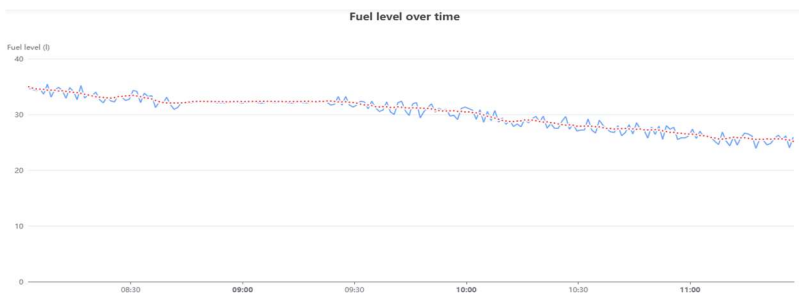


Рисунок 2 – Приклад компенсації коливань з стоянкою

Висновки

LSTM із таргетами raw→exprected надійно компенсує інерційні коливання й зберігає правдоподібну траєкторію рівня. Найкращий практичний результат дає поєднання з легким пост-ЕМА та подієвим детектором. Підхід готовий до інтеграції в телематичні системи моніторингу.

Список використаних джерел

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*. 1997. Vol. 9, no. 8. P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
2. Cui Z., Dai J., Sun J., Li D., Wang L., Wang K. Hybrid methods using neural network and Kalman filter for the state of charge estimation of Lithium-ion battery. *Mathematical Problems in Engineering*. 2022. Vol. 1. DOI: 10.1155/2022/9616124.
3. Kingma D. P., Ba J. L. Adam: A method for stochastic optimization : arXiv preprint. 2017. arXiv:1412.6980. v. 9. DOI: 10.48550/arXiv.1412.6980.

Афонін Ю. С.

аспірант кафедри комп'ютерної інженерії,

Савінов В. Ю.

канд. техн. наук, доцент, доцент

кафедри комп'ютерної інженерії,

ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Гуманітарне розмінювання націлене на повне, 100 % розмінювання та очищення територій від залишків вибухонебезпечних предметів (ВНП) з метою відновлення нормальної соціально-економічної активності населення на цих ділянках. Під час процесу використовують спеціальні засоби/пристрої, які вимагають обов'язкової присутності в зоні розмінювання спеціалістів-демінерів. До таких спеціальних пристроїв належать металошукачі, міношукачі, магнітметри, LiDAR-сенсори, інфрачервоні датчики, мультиспектральні камери тощо – усі ці пристрої завдяки своїй поширеності та доступності на ринку станом на сьогодні легко вбудовуються у спеціалізовані наземні роботизовані комплекси (НРК), безпілотні літальні апарати (БпЛА) [1] та навіть морські безекіпажні катери (МБЕК). В свою чергу застосування таких комплексів та апаратів при нетехнічному та технічному обстеженні територій є гарантією безпеки або принаймні зменшує ризики для операторів-демінерів, оскільки вони не беруть безпосередньої участі при контакті із ВНП.

В цій доповіді розглядається концепція поєднання сучасних інформаційних технологій, а особливо глибокого машинного навчання (з англ. *deep learning*), комп'ютерного зору, БпА та комп'ютерних мереж у вигляді розподіленої системи. Гіпотеза поєднання таких технологій вимагає детальнішого дослідження з метою з'ясування практичної доцільності та ефективності вирішення задач гуманітарного розмінювання, порівняння різних моделей глибокого машинного навчання та комп'ютерного зору на вільнодоступних датасетах ВНП, та за потреби дослідження можливих покращень для таких моделей.

Надзвичайно висока забрудненість ВНП великого обсягу територій є однією із наймасштабніших соціальних, економічних та демографічних викликів для української держави. За висновками

експертів ООН з безпеки, Україна є однією із найбільш замінованих країн світу станом на 2025 рік (*близько 140 тис. км² заміновано, що не є остаточною цифрою, оскільки бойові дії тривають*). Попри продовження активних бойових дій та наявні фінансові труднощі, збитки та наслідки від замінування територій змушують державу ставити розмінування та відновлення цих ділянок у пріоритет. За інформацією бази даних нещасних випадків з 2022 по 2024 р. через ВВП тільки серед цивільних постраждало близько 900 людей, з яких 277 загинуло (*в т.ч. 14 дітей*), решта – поранені. На превеликий жаль, дана цифра зростає через інтенсифікацію та варваризацію методів ведення війни з боку РФ.

У червні 2024 р. український уряд розробив «Національну стратегію протимінної діяльності на період до 2033 року» [2], де викладено наявні проблеми та завдання протимінної діяльності, також окреслено конкретні цілі та часові рамки (три етапи) програми. Серед наведених пріоритетів підкреслено впровадження у протимінній діяльності та гуманітарному розмінуванні інноваційних технологій, серед яких відмічено використання БпЛА, супутникових знімків та інших інформаційних технологій.

Отже, тематика дослідження відповідає національним інтересам та має практичне застосування. Варто зазначити, що актуальність також зумовлена швидким та сталим розвитком безпілотних систем (БпА, БпЛА, НРК, МБєК, рої дронів), комп'ютерних мереж (гібридні та Mesh-топології, сучасні легкі протоколи зв'язку (MAVLink, UART, LoRa)), супутникового та 4G/5G зв'язку, засобів передачі, відображення та опрацювання даних у комп'ютерних системах за допомогою машинного навчання (ML) та нейронних мереж. Усі ці технології мають доцільну теоретичну базу і вже впроваджуються у сфері гуманітарного розмінування, що сприяє пришвидшенню процесу дистанційної ідентифікації ВВП (завдяки аерозйомці БпЛА), їх картографуванню (обмін та збереження даних у геоінформаційних системах (ГІС), маркуванню (класифікації) ВВП та, безпосередньо, розмінуванню [3].

Концепція полягає у децентралізації прийняття рішень та взаємодії між структурними елементами (вузлами, агентами) системи (рис. 1). Для цілей гуманітарного розмінування такими вузлами є БпЛА та НРК. Дані вузли, використовуючи алгоритми та моделі глибинного навчання (наприклад YOLOv8), комп'ютерного зору, допоможуть спростити роботу операторів-демінерів у визначенні ВВП, пришвидшити процес нанесення та прив'язку об'єктів у ГІС з метою їх подальшого розмінування [4]. Взаємозв'язок між елементами системи завдяки бездротовій Mesh-мережі та легкими протоколами зв'язку (як приклад

MAVLink), дозволить розподіляти задачі виявлення ВВП (за допомогою сенсорів, камер), маркування об'єктів (задачі класифікації та кластеризації), аналізу об'єктів під різними кутами зору, передавання телеметрії інших агентам розподіленої системи (для прийняття рішень зміни траєкторій, маршрутів чи пріоритизації цілей).

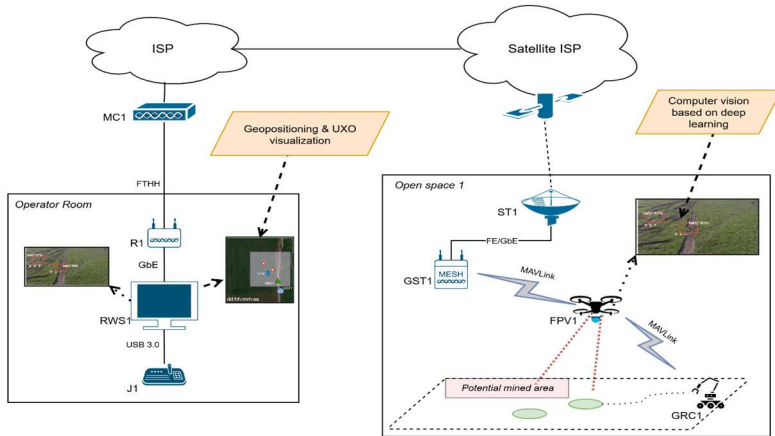


Рисунок 1 – Концептуальна схема мережі розподіленої системи

Оператор-демінер, як головний користувач системи, може керувати місіями віддалено, тобто без потреби знаходитись біля небезпечної ділянки, що відрізняє дану концепцію серед наявних систем сьогодні (наприклад рішення Dropla та робот розмінювач «Змій», які вимагають присутності оператора неподалік від проведення місії) [5; 6]. На робочу станцію оператора в режимі реального часу через глобальну мережу повинен траслюватись відеопотік (RTSP/WebRTC, IP-камери на БпА), туди ж має передаватись телеметрія для географічної прив'язки об'єктів до мап замінування. Зберігання даних може відбуватись у хмарних чи локальних сховищах (базах даних – БД), опрацювання результатів місій та донавчання агентів системи (БпА) дозволить покращити якість проведення наступних.

Аналіз супутникових знімків та картографування місцевості є одним з найважливіших аспектів гуманітарного розмінування, концепція системи передбачає оновлення та нанесення таких даних у певній ГІС [7].

Окрім самої ідеї впровадження інновацій для розмінування, існує гостра потреба у забезпеченні безпеки висококваліфікованих фахівців за рахунок віддаленого керування безпілотними системами під час

гуманітарного розмінування з метою уникнення загибелі та/або зменшення травматизації під час виконання основних завдань розмінування. РФ системно порушує правила ведення війни та цілеспрямовано б'є по цивільним та гуманітарним закладам, тому потреба у віддаленому керуванні стає ще вагомішою. Так, наприклад 5 вересня 2025 р. РФ завдала удару балістичною ракетою по місії гуманітарного розмінування у Чернігівській області; в результаті загинула 1 людина та ще кілька були поранені. Вирішення безпекової складової можливе завдяки перевагам супутникового зв'язку та віддаленому керуванню БпА (як НРК так і БпЛА). До того ж використання БпА як «вузлів» Mesh-мережі дозволить уникнути втрати зв'язку та керованості, навіть за умови низької якості зв'язку чи перешкод.

Таким чином, дослідження та розробка систем з використанням інноваційних технологій, включаючи глибоке машинне навчання, комп'ютерний зір, комп'ютерні мережі, БпА у галузі гуманітарного розмінування безпосередньо впливають на безпечне середовище, адже дають можливість фахівцям-демінерам з мінімальними ризиками проводити таку складну та соціально значущу роботу як розмінування.

Список використаних джерел

1. Зацерковний В. І., Ніколюк І. Р. Використання БПЛА для виявлення вибухонебезпечних предметів та побудови карт при гуманітарному розмінуванні. *Технічні науки та технології*. 2025. № 1 (39). С. 328–345. DOI: 10.25140/2411-5363-2025-1(39)-328-345.

2. Про схвалення Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024–2026 роках : постанова Кабінету Міністрів України від 28 червня 2024 р. № 616-р. *Офіційний вебпортал Кабінету Міністрів України*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skshvalennia-natsionalnoi-strategii-protyminnoi-diialnosti-na-period-do-2033-roku-ta-zatverdzhennia-t280624> (дата звернення: 11.10.2025).

3. Попов М. О. Технологія дистанційного виявлення мін на основі аналізу матеріалів зйомки з безпілотних літальних апаратів : стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 6 квітня 2022 року [Стенограма]. *Вісник Національної академії наук України*. 2022. № 5. С. 56–62. DOI: 10.15407/vissn2022.05.056.

4. Li Yi., Fan Q., Huang H., Han Z., Gu Q. A modified YOLOv8 detection network for UAV aerial image recognition. *Drones*. 2023. Vol. 7 (5), Is. 304. P. 1–26. DOI: 10.3390/drones7050304.

5. Dropla. Розумне розмінування: роботи + III. URL: <https://dropla.tech/ukr> (дата звернення: 11.10.2025).
6. Rovertech. КНРО "Змій" v1.2. URL: <https://rovertech.co.ua/en/civilian-en/> (дата звернення: 11.10.2025).
7. Ibrahim N., Fahs S., AlZoubi A. Land cover analysis using satellite imagery for humanitarian mine action and ERW survey. *Proceedings of SPIE*. 2021. Vol. 11734. [Multimodal Image](#) Exploitation and Learning. P. 1173402-01–1173402-13. DOI: 10.1117/12.2589792.

УДК 004.4

*Гончаров Д. С.,
аспірант кафедри комп'ютерної інженерії,
Кандиба І. О.,
PhD, ст. викладач кафедри
інженерії програмного забезпечення,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

АНАЛІЗ ДАНИХ СЕРВІСУ GOOGLE FIT

В сучасному світі існує багато сервісів, що дозволяють збирати та візуалізувати показники здоров'я людини. Найбільш відомими є Apple Health, Samsung Health, BioStrap, Strava, Google Fit тощо. Більшість цих сервісів підтримують обмежену кількість обладнання і орієнтовані виключно на одного виробника апаратного забезпечення, наприклад Apple Health може взаємодіяти виключно з апаратним забезпеченням Apple. У той же час існують сервіси, що дозволяють інтеграцію різного апаратного та програмного забезпечення у єдину інформаційну систему. Серед таких сервісів одним з найбільш універсальних є Google Fit.

Google Fit представлений у вигляді мобільного застосунку та окремо сервісу для зберігання даних. Цей застосунок здійснює збір показників стану здоров'я людини та фізичної активності з апаратного забезпечення: розумних годинників, фітнес-браслетів та різноманітні датчики та медичні пристрої (наприклад, ваги, тонометри тощо), можливий також збір інших спеціалізованих даних за допомогою підключення сторонніх сервісів. Варто зазначити, що зазначений застосунок підтримує можливість збору показників стану здоров'я людини з використанням мобільного телефону на базі Android без підключення сторонніх пристроїв. Google Fit здійснює безперервний

моніторинг вбудованого акселерометру мобільного телефону, що забезпечує точну фіксацію фізичної активності: кількість зроблених кроків [1], тривалість активності, розрахунок витрачених калорій тощо.

Фіксація показників стану здоров'я людини при використанні мобільного пристрою без додаткового апаратного забезпечення реалізується за допомогою використання камери. Відображення зібраних даних здійснюється виключно засобами візуалізації у застосунку Google Fit (рис. 1).

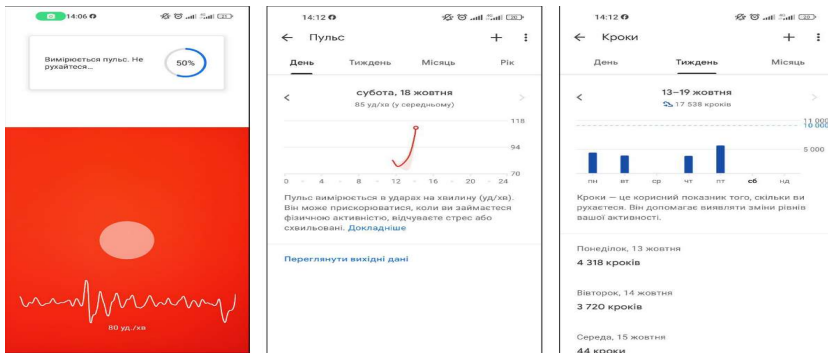


Рисунок 1 – Інтерфейс застосунку Google Fit

Проте використання гістограм та графіків дає обмежені можливості для аналізу. Доцільніше застосувати спеціалізований інструментарій, наприклад бібліотек Pandas, Matplotlib, Seaborn тощо [2]. Експортувати дані Google Fit для обробки зазначеним інструментарієм можливо за допомогою іншого сервісу Google: Takeout.

Google Takeout – це сервіс компанії Google, що дозволяє експортувати дані з різних сервісів Google у форматах придатних для подальшої обробки. З сервісу Google Fit можливо експортувати дані щоденної активності за весь час використання цього сервісу у вигляді електронної таблиці CSV та JSON.

Найпростіший варіант первинної обробки отриманих даних – використання застосунків для роботи з електронними таблицями, наприклад, Microsoft Excel. Для цього необхідно виконати імпорт формату CSV у відповідній вкладці (рис. 2). Недоліком такого способу є наявність великої кількості записів (рядків) без даних про стан здоров'я людини або фізичної активності. Цей недолік виникає через особливості фіксації даних сервісом Google Fit, а саме записом активності кожні 15 хвилин незалежно від її наявності.

	Час початку	Час завершення	Кількість хвилин активності	Калорії (ккал)	Відстань (м)	Кардоболи	Кардодоплини	Середній пульс (уд/хв)	Максимальний пульс (уд/хв)	Мінімальний пульс (уд/хв)
52	18.10.2025 12:30	18.10.2025 12:45	5	35.599770675448028	329.80205657076425					
53	18.10.2025 12:45	18.10.2025 13:00	15	19.890625341484945						
54	18.10.2025 13:00	18.10.2025 13:15	15	19.890625341484945						
55	18.10.2025 13:15	18.10.2025 13:30	15	19.890625341484945						
56	18.10.2025 13:30	18.10.2025 13:45	5	19.890625341484945	110.23737974410926					
57	18.10.2025 13:45	18.10.2025 14:00	6	19.890625341484945	217.66816897420762	1.0		1		
58	18.10.2025 14:00	18.10.2025 14:15	15	19.890625341484945	11.137287307596044					
59	18.10.2025 14:15	18.10.2025 14:30	1	19.890625341484945	34.8059209403157					
60	18.10.2025 14:30	18.10.2025 14:45	6	52.85805434812222	349.40952613871787					
61	18.10.2025 14:45	18.10.2025 15:00	15	19.89062534148494	15.805867359274048					
62	18.10.2025 15:00	18.10.2025 15:15	15	19.89062534148494	9.343601619689776					
63	18.10.2025 15:15	18.10.2025 15:30	1	19.890625341484945	38.07400045813236					
64	18.10.2025 15:30	18.10.2025 15:45	15	19.89062534148494						
65	18.10.2025 15:45	18.10.2025 16:00	15	19.89062534148494						
66	18.10.2025 16:00	18.10.2025 16:15	15	19.89062534148494						
67	18.10.2025 16:15	18.10.2025 16:30	15	19.89062534148494						
68	18.10.2025 16:30	18.10.2025 16:45	1	36.180275850258378	24.145086776340275					
69	18.10.2025 16:45	18.10.2025 17:00	4	35.11887195704332	224.7182011515418					
70	18.10.2025 17:00	18.10.2025 17:15	15	19.890625341484945						
71	18.10.2025 17:15	18.10.2025 17:30	15	19.890625341484945						
72	18.10.2025 17:30	18.10.2025 17:45	6	34.68895856583585	244.61767167216533					
73	18.10.2025 17:45	18.10.2025 18:00	6	48.115244701854806	479.1722130217526	5.0		5		
74	18.10.2025 18:00	18.10.2025 18:15	15	19.89062534148494						
75	18.10.2025 18:15	18.10.2025 18:30	15	19.89062534148494						
76	18.10.2025 18:30	18.10.2025 18:45	15	19.89062534148494						
77	18.10.2025 18:45	18.10.2025 19:00	15	19.89062534148494				103.17700567646484	103.17700567646484	103.17700567646484
78	18.10.2025 19:00	18.10.2025 19:15	15	19.89062534148494						

Рисунок 2 – Завантажені дані Google Fit у форматі CSV

Дані формату CSV легко можна обробити Pandas та перетворити спеціалізований об'єкт типу DataFrame [3]. Ця сутність є реалізацією структури для бібліотеки Pandas, що використовується для представлення, зберігання та обробки табличних даних. Метод *dropna()* у бібліотеці Pandas використовується для видалення відсутніх значень із об'єкта DataFrame, що дозволяє відфільтровувати відсутні значення та здійснити статистичний аналіз використовуючи методи DataFrame: *describe()*, *mean()*, *median()*, *std()*, *corr()*, *quantile()* тощо. Варто зазначити, що Pandas є лише бібліотекою для мови програмування Python, що в свою чергу дозволяє підключити інші засоби обробки даних, наприклад, інструментарій штучного інтелекту (ШІ).

Сучасним способом обробки даних є застосування інструментарію ШІ. Цей підхід дозволяє не лише провести первинний статистичний аналіз, а й визначити асоціативні правила, реалізувати алгоритми класифікації та кластеризації. Мова програмування Python підтримує кілька бібліотек для роботи з ШІ: TensorFlow, PyTorch, Keras, SciKit-Learn, Weka тощо, отже, розроблене програмне забезпечення можна доповнити одним з перерахованих засобів.

Таким чином, сервіс Google Fit фіксує дані про фізичну активність користувача та зберігає зібрані дані. Експортувати зібрані дані можливо засобами Google Takeout та виконати подальший їх аналіз, використовуючи мову програмування Python та бібліотеки Pandas, Matplotlib, Seaborn або засоби ШІ.

Список використаних джерел

1. Polese J. C., Faria G. S., Ribeiro-Samora G. A. Google Fit smartphone application or Gt3X Actigraph: Which is better for detecting the stepping activity of individuals with stroke? A validity study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2019. Vol. 23, no. 3. P. 461–465. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.01.011.
2. Кандиба І. О., Горбань Г. В., Гончарова Н. В., Гончаров Д. С. Статистичний аналіз даних про використання обчислювальних ресурсів комп'ютерів закладу вищої освіти засобами python. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2023. № 1(84). С. 148–154. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2023.1.20.
3. Горбань Г. В., Кандиба І. О., Антіпова К. О., Кірей К. О. Первинний та візуальний аналіз даних спортивних результатів з академічного веслування засобами мови python з використанням бібліотек Pandas, Matplotlib та Seaborn. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. Т. 3. С. 27–37. DOI: 10.32851/tnv-tech.2022.3.3.

УДК 004.9:004.415.2:004.42:61

Гриднєв А. Ю.,

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна,

Дарнапук Є. С.,

PhD, доцент (б. в. з.) кафедри комп'ютерної інженерії

КОНЦЕПТ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасна медична практика генерує величезні обсяги даних – результати лабораторних аналізів, показники моніторингу пацієнтів, дані клінічних досліджень, статистика захворюваності. Ефективна обробка та візуалізація цих даних є критично важливою для прийняття обґрунтованих клінічних рішень, виявлення закономірностей перебігу захворювань та оптимізації лікувального процесу. Традиційні підходи до представлення медичної інформації – статичні таблиці та графіки – не забезпечують необхідної гнучкості аналізу, інтерактивності та можливості роботи з різномірними джерелами даних. Інформаційно-аналітичні системи з розширеними можливостями візуалізації стають необхідним інструментом для медичних працівників та дослідників.

Створення концептуальної моделі інформаційно-аналітичної системи для візуалізації даних медичних досліджень забезпечить інтеграцію, обробку та представлення великих обсягів клінічної інформації в зручній інтерактивній формі. Основна увага в цій системі приділяється застосуванню фреймворку Dash (Plotly) [1] як універсального інструменту для побудови динамічних візуалізацій і аналітичних панелей у середовищі Python. Система покликана підвищити ефективність роботи медичних фахівців і дослідників за рахунок швидкого виявлення закономірностей у даних і формування інтуїтивно зрозумілих графічних звітів. Впровадження такого підходу сприятиме розвитку цифрової медицини, покращенню якості прийняття рішень і створенню передумов для інтеграції з системами телемедицини та машинного навчання.

Архітектура системи складається з таких модулів:

1) модуль збору даних – отримує результати досліджень у форматах CSV, JSON або через API лабораторних систем (LIS/HIS);

2) аналітичний модуль – виконує попередню обробку, фільтрацію, нормалізацію та статистичний аналіз даних (зокрема, із застосуванням бібліотек Pandas, NumPy, SciKit-Learn);

3) модуль візуалізації – реалізований за допомогою Dash (Plotly), що забезпечує створення інтерактивних діаграм, гістограм, часових рядів і кореляційних графіків для медичних показників;

4) інтерфейс користувача (UI) – забезпечує зручну навігацію між типами досліджень, фільтрацію за пацієнтами, часовими періодами, типами аналізів;

5) модуль безпеки та анонімізації – реалізує захист персональних медичних даних відповідно до стандартів HIPAA [2–3] та GDPR.

Алгоритм роботи модуля збору даних у системі побудовано за принципом поетапного оброблення інформаційних потоків для забезпечення цілісності, узгодженості та готовності даних до подальшого аналізу й візуалізації (рис. 1). На початковому етапі модуль ініціалізує підключення до зовнішніх джерел – лабораторних інформаційних систем, IoT-пристроїв або локальних файлів у форматах CSV чи JSON. Отримані набори даних проходять перевірку структури: система автоматично контролює наявність обов'язкових полів, часових міток і допустимих діапазонів значень. Далі виконується гармонізація форматів – перетворення одиниць вимірювання, узгодження назв параметрів і кодів аналізів відповідно до внутрішнього словника системи. Після цього дані збагачуються технічними метаданими (джерело, час отримання, контрольна сума), що забезпечує можливість відстеження походження кожного запису. На наступному етапі

відбувається тимчасове буферизування інформації у проміжному сховищі (англ. Staging Area), де дані очікують на подальшу аналітичну обробку. Для синхронізації роботи з іншими модулями система формує подію типу *dataset_available*, яка надсилається у внутрішню шину подій, сповіщаючи аналітичний модуль про готовність нових даних. Завершальним кроком є контроль якості та створення узгодженого датафрейму, який передається до наступного рівня обробки – модуля аналітики та візуалізації. Така послідовність дій забезпечує надійність, масштабованість і прозорість процесу підготовки медичних даних.

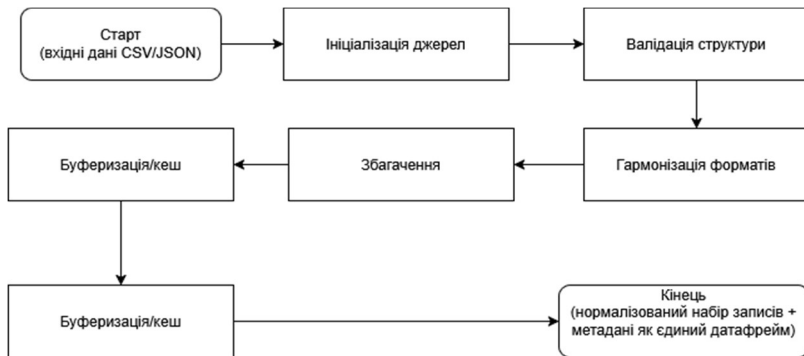


Рис. 1 – Спрощений алгоритм роботи модулю збору даних

Алгоритм роботи аналітичного модуля системи спрямований на обробку, очищення та аналітичну підготовку медичних даних для подальшої візуалізації. На першому етапі модуль отримує нормалізовані набори даних із проміжного сховища (staging) і виконує фільтрацію аномалій – усунення пропусків, шумів та недопустимих значень відповідно до клінічних правил або статистичних критеріїв. Далі відбувається нормалізація та стандартизація показників, що дозволяє порівнювати результати між різними пацієнтами чи часовими періодами незалежно від одиниць вимірювання. Наступним кроком є агрегація у часі, де дані групуються за обраними інтервалами (година, доба, тиждень) із використанням ковзних середніх, медіан чи квантильних функцій. Після цього модуль проводить розрахунок аналітичних індикаторів, таких як тренди зміни параметрів, відхилення від базового рівня чи кореляційні залежності між біомаркерами. Результати обчислень структуруються у вигляді «view-таблиць», які містять готові до візуалізації зрізи – за пацієнтом, показником або часовим періодом. Паралельно формується система якості даних, що позначає спірні або шумові значення прапорцями типу *low_confidence*

чи *artefact*. Завдяки такій багатоступеневій обробці модуль забезпечує достовірність, узгодженість та готовність інформації для інтерактивного відображення у Dash/Plotly-інтерфейсі, створюючи основу для ефективного клінічного аналізу.

Алгоритм роботи модуля безпеки та анонімізації спрямований на захист конфіденційності медичних даних під час їх обробки та візуалізації. На першому етапі відбувається псевдонімізація або анонімізація інформації – видаляються персональні ідентифікатори, а чутливі поля хешуються чи маскуються відповідно до політик безпеки. Далі застосовуються механізми контролю доступу (RBAC/ABAC), що перевіряють права користувачів і ведуть журнал усіх дій у системі. Перед передачею або збереженням даних здійснюється шифрування каналів зв'язку та сховищ, а також контроль відповідності вимогам GDPR і HIPAA. Завершальним етапом є моніторинг безпеки, який виявляє нетипові дії користувачів і формує звіти для аудиту, забезпечуючи цілісність і захищеність усіх даних у системі.

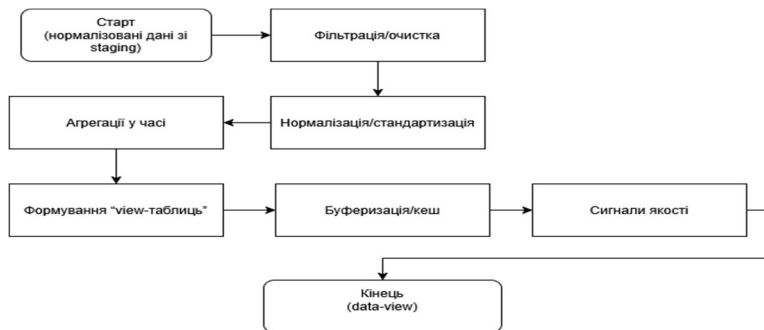


Рис. 2 – Спрощена схема роботи аналітичного модуля

Запропонований концепт інформаційно-аналітичної системи забезпечує інтеграцію, обробку та безпечну візуалізацію медичних даних у єдиному середовищі. Використання фреймворку Dash (Plotly) дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для аналізу клінічних показників у реальному часі. Система є масштабованою основою для подальшого розвитку медичних аналітичних платформ і впровадження методів машинного навчання.

Список використаних джерел

1. Burch M., Schmid M. Python, Dash, Plotly, and More. *In book: Dashboard Design*. New York: River Publishers, 2023. P. 73–107. DOI: 10.1201/9781032657301-3.
2. Edemekong P. F., Annamaraju P., Afzal M., Haydel M. J. Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) Compliance. 2025. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500019/> (Last accessed: 18/10/2025).
3. Moore W., Frye S. Review of HIPAA, Part 1: History, Protected Health Information, and Privacy and Security Rules. *J Nucl Med Technol*. 2019. Vol. 47, no. 4. P. 269–272. DOI: 10.2967/jnmt.119.227819.

УДК 62-531.8:004.896

Гюльмамедов Н. М.,

бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії,

Бурлаченко І. С.,

старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

КОНТРОЛЕРИ РWM-СИГНАЛІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СЕРВОМОТОРАМИ У МУЛЬТИАГЕНТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

Контролювати роботу сервомоторів є однією з найважливіших тем для спеціалістів, оскільки без сервомотора не вдасться створити відносно точну до значень повороту плеча та ефективну мультиагентну роботизовану систему (МАРС) з рухами, які можна задати з градусною величиною [1]. Для цього інженерами і була створена система, що зможе повертати механізм, або цілу систему для виконання важливої технічної задачі на точний кут або створити крутний момент в конкретній точці. Без сервомотора не вдасться створити спеціалізоване приладдя для виконання специфічних завдань з повертання об'єктів на певний кут з невеликою похибкою, наприклад, які важливі для автоматизації на заводах у звичайних станках або машини, що зможе крутити об'єкт безперервно та після вимкнення системи відновити роботу у координатах, що були задані прошивкою або спеціальними керуючими компонентами для позиційного коригування позиції повороту об'єкта.

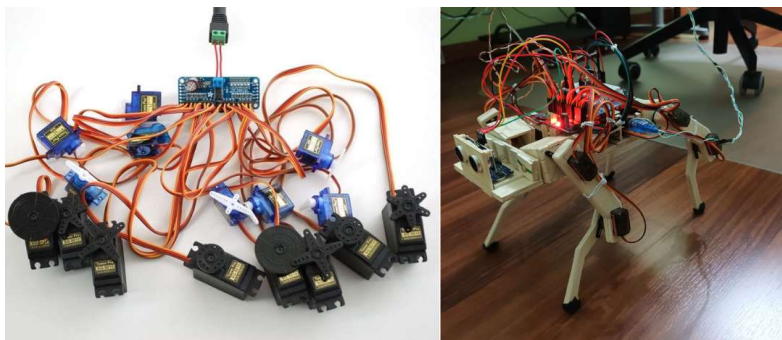


Рисунок 1 – Апаратні компоненти забезпечення руху та прототип MARCS

Також сервомотор може бути незамінним у компонентах з використанням маніпуляторів, оскільки, для ефективної роботи роботизованої руки-маніпулятора необхідно точно задати позицію для повороту кожної площини та при цьому утримувати конструкцію у заданому стані протягом часу з навантаженням та бути готовим швидко перемістити об'єкт в інше місце з мінімальною похибкою та одразу ж зайняти точну позицію біля наступної ітерації процесів на виробництві. Складно створити пристрій, щоб зміг без деформацій перенести предмет, у таких випадках як у сільськогосподарській галузі автономні платформи для прибирання врожаю.

Сервомотор це доволі важливий винахід в робототехніці. Його можна контролювати за допомогою сигналів широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). З мікроконтролера можна згенерувати ШИМ сигнал з відповідною часовою широтною затримкою, таким чином можна подати сигнал з мікроконтролера до сервомотора та контролювати його кут, на який сервомотор повернувся та зберігати його стани на заданому куті [2]. Якщо сигнал не змінюється, то контролер у сервомоторі буде утримувати цей кут під навантаженням. Якщо задати сигнал з новим значенням, то і сервомотор буде обертатися на відповідний кут.

Сервомотори орієнтовані на декілька параметрів роботи, з них три є одними з найважливіших. До цих трьох категорій можна віднести точність сервомотора, крутний момент та швидкість обороту за допомогою сервомотору. Розробники цих машин переважно звертають увагу на ці фактори, оскільки саме вони є важливими для приладів та саме ці характеристики можуть звернути увагу потенційних покупців та інженерів у використанні в приладах високої надійності чи саморобок у повсякденному житті. Швидкість повороту сервомоторів необхідна у системах з автономним чи радіокерування керуванням де необхідно

швидко повернути саму платформу чи перемістити її до наступної частини технологічного процесу. Це може бути вузькоспеціалізований прилад для стабілізації камери під час зйомки, де необхідно швидко повернути її у необхідне положення, для забезпечення стабільної зйомки без покачувань самої камери та швидко перемістити на заданий кут саму камеру для забезпечення високої стабілізації зображення камери. Високий крутний момент потрібен для платформ з високою вантажопідйомністю та надійністю, та можливістю утримувати на обладнанні деякий час та взаємодіяти з нею під час технологічних процесів. Висока точність є доволі важливим фактором у платформах чи інструментах від яких залежить життя людей чи крихких систем, де не можна допускати аварій та непередбачуваних ситуацій та поведінок приладів. Це особливо актуально у медичних системах та інструментах, протезах і автономних системах (рис. 1), що працюють з високими швидкостями та у конструкціях з невеликою міцністю чи маніпуляторах, що повинні перемістити сам компонент точно для обробки іншим технічним пристроєм.

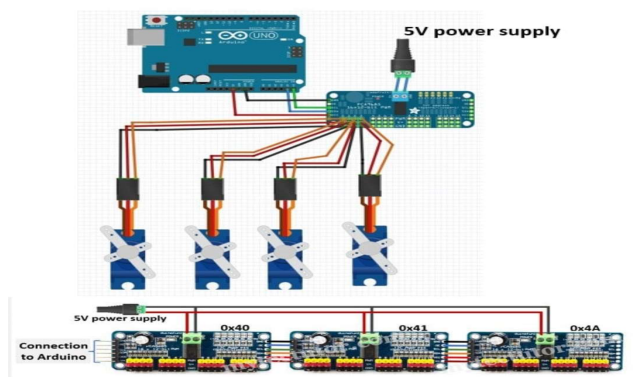


Рисунок 2 – Схема ланцюгового з'єднання розширювачів пінів PCA9685 по I2C шині

Ці параметри залежать від декількох компонентів самого сервомотора. Компонентами є: електромотор, контролер у самому сервомоторі, редуктори сервомотора та потенціометра. Від них залежить точність, швидкість повороту, крутний момент, енергоспоживання та надійність пристрою. В деяких недорогих версіях сервомоторів може бути виконаний редуктор з пластику, що значно зменшує навантаження на нього, оскільки є ризик ушкодження пластикових шестерень та виходу сервомотору з ладу. Такі параметри

як мотор, контролер та потенціометр впливають на точність сервомотору, енергоспоживання та швидкість повороту й прояв люфту, що є дуже важливо під час роботи, де кожна неточність чи помилка може коштувати великих втрат для підприємства чи самої людини.

Задачею з керування сервомотрів виконують мікроконтролери. Вони регулюють на який кут необхідно повернути сервомотор, чи можна задати з якою швидкістю необхідно зробити цей поворот. Мікроконтролер є відносно дешевим способом керування сервомотором, оскільки з розвитком технологій їх технології покращуються і при цьому знижується ціна на їх виробництво. Керування відбувається за певними сигналами які надсилаються до контролера сервомотора, сам контролер отримує сигнал, що заданий певною частотою, періодом та самою ШІМ. Наприклад, для керування сервомотором SG90 необхідно використати сигнал частотою 50 Гц. Звідси можна дістати довжину 1 повного імпульсу – 20 мс. Для подачі сигналу на сервомотор необхідно згенерувати імпульс довжиною в залежності від необхідного кута. Для повороту сервомотору на кут 0 градусів треба імпульс довжиною 1 мс. Для того, щоб продовжувати зберігати значення повороту сервомотора на цьому куті необхідно продовжувати відправляти сигнал довжиною 1 мс. Якщо потрібно повернути сервомотор на кут 90 градусів, необхідно відправити сигнал довжиною 1,5 мс, і якщо на кут 180 градусів, необхідно подати сигнал довжиною 2 мс. Але також варто враховувати якість самого сервомотору SG90, ця модель має часто люфт, або невідкалібровані кути повороту.

Серед переваг контролювати сервомотор через мікроконтролер, такий як Arduino Uno R3 чи ESP8266 є швидкодія та передача сигналу без інших плат та напряму, що пришвидшує виконання програми контролера та зменшує час передачі сигналу сервомотору та пришвидшує направлення зворотнього зв'язку між сервомотором та мікроконтролером. Також під деякі мікроконтролери існують вже створені бібліотеки, що вже мають значення таймерів мікроконтролерів та частоту, що полегшує роботу з сервомотором. Приклад такої бібліотеки є «Servo.h», яка має значення змінних, таких як частота та довжина кроку, спеціально під плати Arduino, але для інших мікроконтролерів можуть бути проблеми, оскільки вони вже містять інші таймери, під які потрібно налаштовувати параметри для роботи з сервомотором.

Але з підключення більшої кількості сервомоторів можуть виникнути проблеми. У плат Arduino обмежена кількість пінів, що можуть передавати ШІМ-сигнал, або обмежена кількість пінів, як у ESP8266. Тому для вирішення цієї задачі варто використовувати спеціальні розширювачі ШІМ-сигналів (рис. 2). Це може вирішувати

одразу декілька проблем. Під час під'єднання сервомоторів до розширювача сигналів, буде зручно підключати сервомотори, оскільки розширювач сигналів містить зручну розпіновку, що відповідає кольорам проводів на самому сервомоторі, що може полегшити використання пристрою та зменшити ризик помилок під час під'єднання сервомоторів. Збільшена кількість пінів. У Arduino UNO R3 є 6 цифрових пінів, що можуть видавати ШІМ-сигнал на виході, що обмежує кількість сервомоторів. У ESP8266 практично усі цифрові піни мають ШІМ-сигнал, але і їх може бути недостатньо. У розширювача ШІМ-сигналів PCA9685 є 16 пінів, що дає змогу під'єднати більше пінів. При необхідності, можна збільшити кількість розширювачів ШІМ-сигналів та контролювати 992 сервомотори одним мікроконтролером. Однакові розширювачі ШІМ-сигналів можна контролювати одним мікроконтролером, що дозволяє використати значення таймерів однакові для всіх розширювачів. Тобто не треба шукати значення для кожного окремого розширювача ШІМ-сигналу.

Мікроконтролери можуть виконувати різні функції з часовими затримками, такі як `delay()`, але використовуючи один таймер. Arduino UNO має лише один десятибітний таймер, через що не зможе контролювати одразу декілька сервомоторів, тобто більше 4 сервомоторів вже не вийде ефективно контролювати. У випадку з ESP8266 до часових затримок додаються ще процеси, пов'язані з вебсерверами та вебсокетами, що потребують додаткових часових затримок і навантаження на таймери. Розширювачу ШІМ-сигналів не потрібно контролювати різні часові затримки, він контролює саме ШІМ-сигнал. Мінусом розширювача ШІМ-сигналів є затримка, оскільки з'єднання між контролером і сервомотором відбувається через нього. Також, якщо декілька розширювачів пінів підключено, то відбувається ще й затримка по шині I2C, оскільки по цьому протоколу можна передавати дані лише до одного пристрою одночасно.

Список використаних джерел

1. Гюльмамедов Н., Бурлаченко І. Особливості мультиагентних роботизованих систем. *Ольвійський форум – 2025: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези доп. XXII Міжнар. наук. конф., Миколаїв, 16–21 черв. 2025 р. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. № 1. С. 74–79. DOI: 10.34132/mspc2025.01.06.15.
2. Harshitha S., Shamanth S., Aditya Kumar Chari. A review of various controller techniques designed for the operational control of DC and servo motors. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. Vol. 2273, no. 1. Art. ID. 012001. P. 1–15. DOI: 10.1088/1742-6596/2273/1/012001.

УДК 004.627

*Доценко Д. В.,
магістрант,*

Крайник Я. М.,

*канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

РЕАЛІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ СТИСНЕННЯ ПРОМІЖНИХ КАДРІВ ВІДЕО У ВЕБЗАСТОСУНКУ

У сучасному вебсередовищі ефективна обробка та передача відеоданих є ключовим викликом. Великі обсяги файлів вимагають значної пропускну здатності мережі та дискового простору, що безпосередньо впливає на швидкість завантаження та загальний досвід користувача. Стиснення відеоданих стає необхідним етапом для оптимізації вебресурсів.

Розглянемо реалізацію вебзастосунок, призначеного для демонстрації та практичного застосування комбінованого методу стиснення проміжних кадрів відео. Цей застосунок слугує доступною платформою для тестування ефективності розробленого алгоритму на різних наборах даних.

Архітектура вебзастосунку побудована за клієнт-серверною моделлю (рис. 1):

1) клієнтська частина (Frontend): реалізована на базі Next.js та TypeScript. Вона надає користувачеві сучасний, реактивний графічний інтерфейс для завантаження вихідних відеофайлів або окремих кадрів, налаштування параметрів стиснення (розмір блоку вузлових точок, кількість бітів, що відкидаються) та візуалізації результатів;

2) серверна частина (Backend): розроблена на мові Python, що зумовлено наявністю потужних бібліотек для обробки зображень та реалізації логіки самого методу стиснення, описаного в кваліфікаційній роботі;

3) взаємодія: клієнт та сервер обмінюються даними через API (наприклад, REST API), використовуючи HTTP-запити для передачі файлів та отримання результатів стиснення, таких як стиснені файли та статистичні дані (коефіцієнт стиснення, розмір до/після).

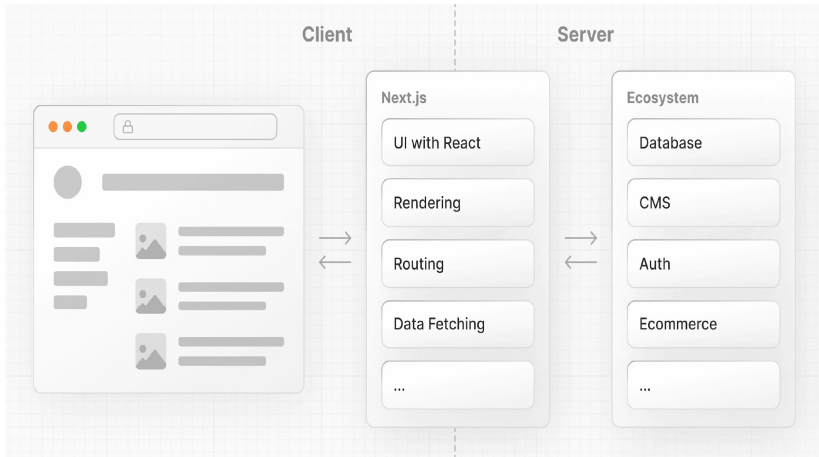


Рисунок 1 – Взаємодія клієнтської та серверної частини у фреймворку Next.js

Для стиснення проміжних кадрів відео розроблений комбінований метод, який використовує алгоритми QOI (Quite OK Image) та Хаффмана (рис. 2). Цей метод дозволяє не лише зменшити розмір кадрів, але й забезпечити швидке та ефективне їх стиснення. Поєднання цих алгоритмів дозволяє значно знизити обсяг даних, що передаються. Основна область зображення стискається за алгоритмом QOI, тоді як вузлові точки стискаються за алгоритмом Хаффмана.



Рисунок 2 – Загальна схема методу стиснення проміжних кадрів

Процес стиснення у вебзастосунку відбувається наступним чином:

- 1) користувач завантажує відеофайл через вебінтерфейс Next.js;
- 2) серверна частина приймає файл та розбиває його на окремі кадри;
- 3) кожен кадр проходить етап попередньої обробки, включаючи перетворення у колірний простір YCrCb;
- 4) метод розділяє дані кадру: основна область стискається за QOI, а вузлові точки (або їх різниці) стискаються за Хаффманом;
- 5) сервер розраховує коефіцієнт стиснення та відправляє клієнту стиснені файли та статистику.

Вебзастосунок також відображає результати обробки, дозволяючи користувачу візуально оцінити якість стиснених зображень та порівняти їх з оригіналом безпосередньо у браузері. Також на дисплеї може бути відображена інформація про стан системи, як-от поточні параметри стиснення, швидкість обробки, обсяг зекономленої пам'яті тощо.

Важливим напрямком є оптимізація коду для зменшення використання пам'яті та покращення швидкості обробки на сервері. Дослідження також повинно охоплювати тестування системи на різних відеоконтентах.

Реалізація запропонованого методу стиснення у вигляді вебзастосунку є гнучким та масштабованим рішенням, що дозволяє продемонструвати ефективність алгоритму широкому колу користувачів та слугує інструментом для подальших досліджень у цій галузі.

Список використаних джерел

1. Krainyk Y. Combined run-length and Huffman encoding for image compression. Aug. 2022. 15 p. (Preprint. Petro Mohyla Black Sea National University). DOI: 10.21203/rs.3.rs-1982410/v1.
2. Krainyk Y. M., Dotsenko D. V. Method of Image Compression Using Image Preprocessing, and Huffman and Quite Ok Image Algorithms. *Elektronnoe modelirovanie*. 2024. Vol. 46, no. 2. P. 75–87. DOI: 10.15407/emodel.46.02.075
3. Yang Y., Peng Y., Liu Zh. A Fast Algorithm for YCbCr to RGB Conversion. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 2007. Vol. 53, Is. 4. P. 1490–1493. DOI: 10.1109/tce.2007.4429242.
4. Крайник Я., Дзяман Є. Застосування алгоритму QOI у стисненні зображень. *Інформаційні технології та інженерія* : Всеукр. науково-практ. конф. молодих вчен., аспірантів і студентів. 2023. С. 70–71.
5. Крайник Я., Доценко Д. Метод стиснення проміжних кадрів відео. *Могилянські читання – 2023* : тези доп. XXVI Всеукр. наук.-метод. конф. Миколаїв, 6–10 листоп. 2023 р. Миколаїв : Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили, 2023. С. 416–417. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/1869> (дата звернення: 17.10.2025).
6. Крайник Я., Доценко Д. Стиснення вузлових точок зображення для алгоритму Хаффмана. *Ольвійський форум – 2025: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези доп. XX Міжнар. наук. конф., Миколаїв, 16–21 черв. 2025 р. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. С. 35–36.
7. Крайник Я., Доценко Д. Алгоритм попередньої обробки зображень для алгоритму QOI. *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем та технологій* : Всеукр. науково-техн. конф. молодих вчен., аспірантів і студентів. 2023. С. 300–301.
8. Dominic S. QOI – The Quite OK Image Format. URL: <https://qoiformat.org/qoi-specification.pdf> (Last accessed: 10.05.2024).

ІОТ-МЕРЕЖА ІЗ ЗАХИСТОМ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ «ЛЕГКОЇ КРИПТОГРАФІЇ»

1. Актуальність теми

Сучасні ІоТ-системи (розумні годинники, фітнес-трекери, сенсорні мережі) збирають та передають значні обсяги персональних даних у відкриті мережі. Без належного захисту ці дані можуть бути перехоплені або модифіковані, що створює ризики для безпеки користувача та цілісності інформації. Більшість комерційних ІоТ-пристроїв покладаються на хмарні сервіси та стандартні криптографічні алгоритми (AES, RSA, SHA тощо), які мають підвищені вимоги до обчислювальних ресурсів, енергоспоживання та обсягу пам'яті. Для мікроконтролерів з обмеженими характеристиками ці алгоритми є «важкими» і часто несумісними з апаратними параметрами ІоТ-платформ. Отже, постає потреба у створенні захищених, енергоефективних і швидких методів шифрування – тобто використанні алгоритмів «легкої криптографії».

2. Стан проблеми

На сьогодні популярні криптографічні алгоритми (зокрема AES-GCM, RSA, ECC) забезпечують високий рівень захисту, однак не оптимізовані для мікроконтролерів і пристроїв з обмеженою обчислювальною потужністю. Передавання даних у багатьох ІоТ-рішеннях здійснюється відкритими каналами (наприклад, BLE або Wi-Fi без End-to-End шифрування). Унаслідок цього існує ризик перехоплення даних між пристроєм і сервером. Міжнародний інтерес до проблеми призвів до розробки стандартів «легкої криптографії». У 2023 році NIST офіційно обрав ASCON як основний алгоритм симетричного шифрування для пристроїв з обмеженими ресурсами [1]. Цей алгоритм забезпечує автентифіковане шифрування з низьким енергоспоживанням, невеликою площею коду та високою стійкістю до атак. Помірним рівнем безпеки характеризуються алгоритми PRESENT та CLEFIA, що сертифіковані за ISO [2; 3].

3. Мета та новизна роботи

Метою роботи є розробка та моделювання IoT-мережі із захистом переданих даних на основі алгоритмів «легкої криптографії», зокрема на прикладі шифрування біометричних даних, отриманих із розумного годинника.

У межах роботи планується:

- реалізувати прототип обміну даними між сенсором (смарт-годинником) і сервером через MQTT або HTTPS;
- забезпечити шифрування інформації алгоритмом ASCON безпосередньо на пристрої перед передачею;
- розробити вебінтерфейс для візуалізації отриманих (зашифрованих та розшифрованих) даних у вигляді інфографіки;
- оцінити швидкодію, енергоспоживання та криптографічну стійкість запропонованої системи.

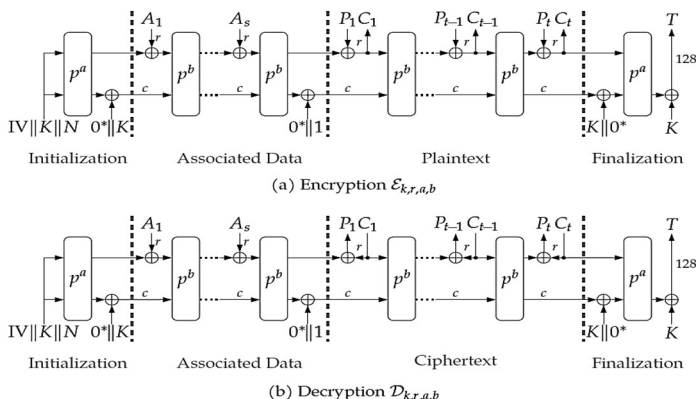


Рисунок 1 – Сімейство алгоритмів ASCON

4. Очікувані результати

Очікується, що впровадження легких криптографічних алгоритмів, таких як ASCON, дозволить:

- підвищити рівень захисту персональних даних в IoT-мережах;
- зменшити енергоспоживання пристроїв та затримку передачі;
- створити універсальну модель шифрування, придатну для вбудованих систем і носимих пристроїв.

Результати можуть бути використані для побудови захищених медичних IoT-систем, «розумних» будинків, RFID-міток, отримання даних з БПЛА і мобільних сенсорних мереж тощо [4].

Список використаних джерел

1. Laborda V. S., Hernández-Álvarez L., Encinas L. H., Sánchez García J. I. S., Queiruga-Dios A. Study about the performance of Ascon in Arduino devices. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, Is. 7. ID: 4071. P. 1–34. DOI: 10.3390/app15074071.
2. Jangra M., Buddha Singh B. Mod-k-Chained Variant of PRESENT and CLEFIA Lightweight BlockCipher for an Improved Security in Internet of Things. *Springer Nature Computer Science*. 2022. Vol. 3, No. 71. P. DOI: 10.1007/s42979-021-00941-w.
3. Nasera N. M., Naifa J. R. A systematic review of ultra-lightweight encryption algorithms. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications (IJNAA)*. 2022. Vol. 13. P. 3825–3851. DOI: 10.22075/ijnaa.2022.6167.
4. Гнатюк С. О., Кінзерявий В. М., Поліщук Ю. Я., Нечипорук О. П., Горбаха Б. М. Аналіз методів забезпечення конфіденційності даних, які передаються з БПЛА. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2022. № 1 (17). С. 167–186. DOI 10.28925/2663-4023.2022.17.167186.

УДК 004.9: 007.52

Завгородній К. С.,

магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

Дарнапук Є. С.,

PhD, доцент (б. в. з.) кафедри комп'ютерної інженерії,

ІОТ-СИСТЕМА ЗБОРУ ТА ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ БІОМЕДИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПАЦІЄНТІВ НА БАЗІ RASPBERRY PI ТА ESP32

В умовах сучасної медицини зростає потреба у системах дистанційного моніторингу здоров'я, що дозволяють отримувати показники пацієнтів у реальному часі без необхідності постійного перебування в лікарні. Це особливо актуально для людей з хронічними захворюваннями або пацієнтів, які потребують тривалого спостереження. Використання мікроконтролера ESP32 разом із Raspberry Pi дозволяє створити доступну та гнучку систему збору та первинної обробки біомедичних даних, забезпечуючи оперативний аналіз стану здоров'я пацієнтів [1].

Концептуально, система складається з таких компонентів: модуль ESP32, який збирає дані з сенсорів (MAX30102, DS18B20, AD8232, DHT22), обробляє їх і передає на Raspberry Pi через Wi-Fi із використанням протоколу MQTT; центральний модуль Raspberry Pi, що зберігає отримані дані у базі SQLite та забезпечує можливість перегляду інформації через вебінтерфейс на Flask (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Модуль контролера ESP32 із сенсорами

Мікроконтролер ESP32 є ключовим елементом системи, який забезпечує збір біомедичних показників у реальному часі. Використання стандартних сенсорів, таких як MAX30102 [3] для пульсу та SpO_2 , DS18B20 для вимірювання температури тіла, AD8232 для демонстраційного ЕКГ та DHT22 для температури та вологості навколишнього середовища, дозволяє отримувати комплексну інформацію про стан пацієнта. ESP32 здійснює первинну обробку даних, включно з фільтрацією шуму та перевіркою достовірності показників, після чого передає їх на Raspberry Pi.

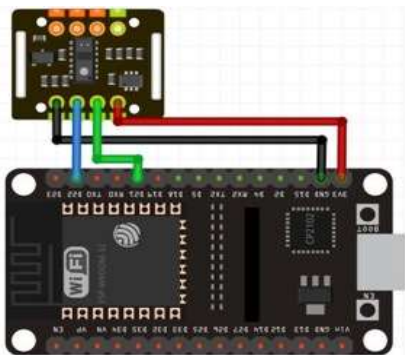


Рисунок 2 – Приклад підключення сенсору MAX30102 до ESP32

На Raspberry Pi дані приймаються MQTT-брокером і зберігаються у базі даних. Подальший аналіз та відображення інформації можуть здійснюватися через веб-інтерфейс, що дозволяє переглядати показники пульсу, температури, ЕКГ та умов навколишнього середовища. Система може бути розширена додатковими сенсорами або функціями, такими як автоматичні сповіщення при виході показників за допустимі межі.

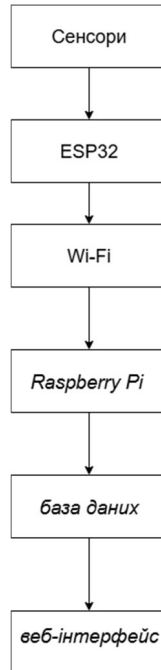


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою

Практичне застосування системи включає:

- дистанційний моніторинг стану здоров'я пацієнтів вдома;
- навчальні цілі, зокрема для студентів, які вивчають інтеграцію сенсорів та обробку біомедичних сигналів;
- тестування впливу фізичних навантажень на пульс і температуру.

Система відрізняється низькою вартістю компонентів, простотою підключення сенсорів, можливістю масштабування та гнучкістю додавання нових функцій без суттєвих змін архітектури.

Список використаних джерел

1. Kumar K. S., Subashraja P., Vasanth V., Venkatesh M., Prakash N. B. IoT based health monitoring system. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2020. Vol. 8, no. 6. P. 5216–5218. DOI: 10.35940/ijrte.F9994.038620.
2. Sujitha V., Sudarmani R., Aishwarya B., Sanjana V., Vigneswari P. IoT based healthcare monitoring and tracking system for soldiers using ESP32. *2022 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, IEEE, Mar. 2022. P. 377–381. DOI: 10.1109/ICCMC53470.2022.9754076.
3. MAX30102. High-sensitivity pulse oximeter and heart-rate sensor for wearable health : Data Sheet (Rev. 1). Maxim Integrated, 2015. P. 1–32. URL: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX30102.html> (Last accessed: 01.10.2025).

УДК 004.5:004.9

Кайданович М. В.,

магістрант,

Журавська І. М.,

*д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ЕМУЛЯЦІЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ІОТ-ДАНИХ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ WEBSOCKET

Актуальність та проблематика. Стрімкий розвиток Інтернету речей (англ. Internet of Things, IoT) створює виклики для розробників та тестувальників. Розгортання та підтримка великої кількості фізичних пристроїв для тестування є дорогим і трудомістким процесом. Існує гостра потреба в інструментах, що дозволяють імітувати роботу безлічі ІоТ-сенсорів для ефективного налагодження, стрес-тестування та демонстрації програмних рішень [2].

Мета дослідження: розробка програмної системи, здатної емулювати потоки даних від віртуальних ІоТ-пристроїв та візуалізувати їх у режимі реального часу. Ключовим технологічним рішенням для забезпечення миттєвої передачі даних є використання протоколу WebSocket, який створює постійне двонаправлене з'єднання між сервером та клієнтом [1; 6].

Аналіз ключових технологій. Для забезпечення миттєвої передачі даних між сервером-емулятором та клієнтом-візуалізатором ключовим технологічним рішенням є використання протоколу WebSocket. На відміну від традиційної моделі HTTP "запит-відповідь", WebSocket встановлює постійне, повнодуплексне (двонаправлене) з'єднання, що дозволяє серверу миттєво надсилати нові дані клієнту без необхідності повторних запитів від клієнта. Це ідеально підходить для моніторингових систем, оскільки суттєво знижує затримки та навантаження на мережу.

Затримку L при передачі n пакетів даних можна умовно описати формулами:

1) для HTTP:

$$L_{HTTP} \approx n(T_{connect} + T_{request} + T_{response}). \quad (1)$$

Ключова ідея: весь процес $T_{connect} + T_{request} + T_{response}$ повторюється n разів. Щоб отримати 10 пакетів даних, клієнт повинен 10 разів встановити з'єднання, 10 разів надіслати запит і 10 разів отримати відповідь. Це створює величезні накладні витрати та затримки;

2) для WebSocket:

$$L_{WS} = T_{handshake} + n \times T_{message}. \quad (2)$$

Ключова ідея: найдорожча операція $T_{handshake}$ виконується лише один раз на самому початку. Після цього всі наступні n повідомлень передаються майже миттєво через відкритий канал.

Загальна концепція та функціонал системи. Система складається з двох основних компонентів:

1) бекенд-частина, яка генерує або приймає дані, імітуючи роботу фізичних сенсорів (наприклад, температури, вологості);

2) фронтенд-частина (вебсторінка), яка підключається до сервера, отримує дані через WebSocket і оновлює їх на графіку в реальному часі без перезавантаження сторінки.

Принцип роботи системи. Взаємодія компонентів та потік даних можуть бути представлені концептуальною схемою (рис. 1).

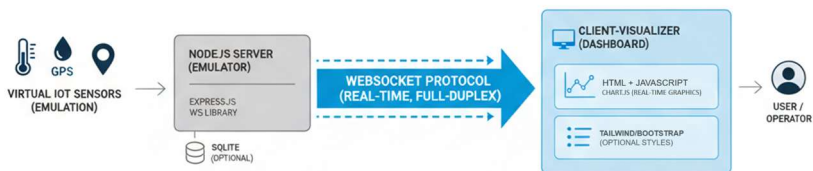


Рисунок 1 – Концептуальна схема системи емуляції та візуалізації IoT-даних

Віртуальні IoT-сенсори (емуляція) генерують або передають дані на Node.js Server (Emulator). Сервер, використовуючи Express.js та бібліотеку ws, приймає ці дані [3; 4] та за допомогою WebSocket Protocol надсилає їх у реальному часі до Client-Visualizer (Dashboard). Клієнт, що складається з HTML, JavaScript та Chart.js, відображає дані на графіках [5]. Опціонально, дані можуть зберігатися у SQLite, а для стилів використовуватися TailwindCSS або Bootstrap. Користувач/оператор взаємодіє з дашбордом.

Архітектура, стек технологій та структура проєкту. Для реалізації обрано мінімалістичний та ефективний набір інструментів:

- **серверна частина (Backend):** реалізована на **Node.js** з використанням веб-фреймворку **Express** для обробки HTTP-запитів та бібліотеки **ws** для організації WebSocket-зв'язку[3; 4];

- **клієнтська частина (Frontend):** створена на чистому **HTML** та **JavaScript** без використання складних фреймворків. Для динамічної візуалізації даних застосовується бібліотека **Chart.js** [5];

- **зберігання даних (опціонально):** для збереження історії показань може бути інтегрована легка база даних, як-от **SQLite**, або використаний простий JSON-файл;

- **структура проєкту:** передбачає чітке розділення коду: **server.js** для серверної логіки та окрема директорія **/public** для всіх клієнтських файлів (**index.html**, **script.js**).

Практична значущість. Розроблена система дозволяє:

- прискорити розробку IoT-застосунків без прив'язки до фізичного обладнання;

- знизити витрати на закупівлю тестових пристроїв;

- проводити гнучке тестування, імітуючи будь-які сценарії роботи сенсорів;

- ефективно демонструвати роботу аналітичних та моніторингових систем.

Висновки. Створення системи емуляції на базі стеку **Node.js + WebSocket + Chart.js** є доступним та ефективним рішенням. Воно значно оптимізує цикли розробки, знижує поріг входу для створення IoT-проєктів та надає потужний інструмент для тестування і демонстрації прогамних продуктів.

Список використаних джерел

1. Fette I., Melnikov A. The WebSocket Protocol. RFC 6455. Internet Engineering Task Force (IETF). 2011. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6455> (Last accessed: 12.10.2025).
2. Петренко І. С., Коваленко О. В. Розробка систем моніторингу в реальному часі з використанням технології WebSocket. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2022. № 2 (10). С. 45–52. DOI: 10.20998/2413-4295.2022.02.06.
3. Cantelon M., Harter M., Holowaychuk T. J., Rajlich N. Node.js in action. Manning Publications Co., 2013. 417 p. URL: <https://j.twirpx.link/file/1344213/> (Last accessed: 12.10.2025).
4. Node.js v25.0.0 documentation: Class: WebSocket. URL: <https://nodejs.org/api/http.html#websocket-support> (Last accessed: 12.10.2025).
5. Chart.js | Open source HTML5 Charts for your website. Official Documentation. URL: <https://www.chartjs.org/docs/latest/> (Last accessed: 12.10.2025).
6. Соболев Б. В., Стасюк О. І. Технології розробки клієнт-серверних застосунків з використанням Node.js та WebSocket. *Комп'ютерні технології*. 2021. № 1. С. 27–35.

УДК 004.353.4

Мельников А. Г.,

бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії,

Салтовський Б. Г.,

старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ ДАТЧИКА APDS-9960

Актуальність теми. У сучасному світі спостерігається тенденція до створення безконтактних систем керування, які забезпечують зручність, гігієнічність та інтуїтивність взаємодії людини з технікою. Це особливо важливо у медичних і промислових середовищах, де дотик до екрана або клавіатури може бути неможливим або небажаним. Одним із перспективних рішень у цій сфері є застосування жестового керування.

Мета роботи. Розробити пристрій для безконтактного керування комп'ютером або смартфоном за допомогою жестів, з використанням

датчика APDS-9960 та мікроконтролера ESP32, який працює в режимі Bluetooth HID-клавіатури.

Основні компоненти системи. Датчик APDS-9960 здатен визначати напрямок руху руки (вліво, вправо, вгору, вниз), а також наближення чи віддалення об'єкта. Мікроконтролер ESP32 [1] (рис. 1) виконує обробку даних із сенсора та передає відповідні команди через Bluetooth на під'єднаний пристрій. Для реалізації зв'язку використано стандарт Bluetooth HID, який забезпечує сумісність із більшістю операційних систем.

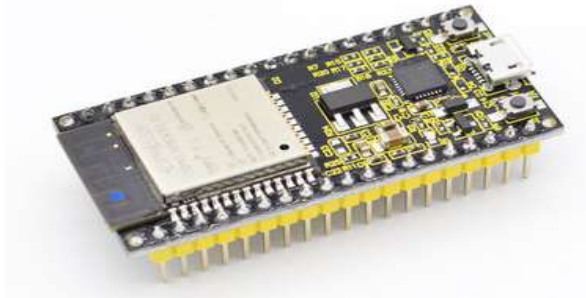


Рисунок 1 – Модуль мікроконтролера ESP32-WROOM-32D Wi-Fi+BT+BLE від Keyestudio

Принцип роботи. Після підключення пристрою користувач виконує жести перед сенсором APDS-9960, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 2 [2]. Сенсор, використовуючи інфрачервоні світлодіоди та фотодіоди, зчитує зміни інтенсивності відбитого світла та визначає напрямок руху руки. Отримані дані передаються до ESP32, який інтерпретує жести як натискання певних клавіш і передає їх через Bluetooth до комп'ютера або смартфона. Наприклад, рух вліво може відповідати натисканню клавіші «стрілка вліво», а наближення – команді «Enter».

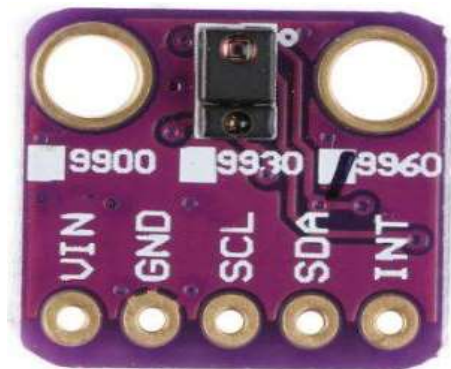


Рисунок 2 – Модуль датчика жестів APDS-9960
На рис. 3 наведено структурну схему роботи пристрою.

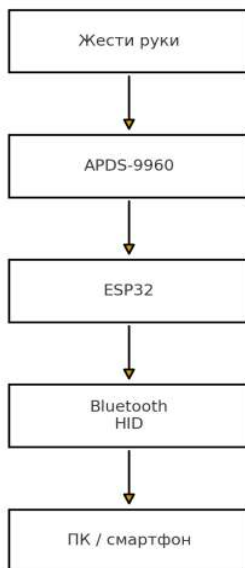


Рисунок 3 – Структурна схема пристрою керування на основі датчика APDS-9960

Практичне застосування. Такий пристрій може бути використаний у різних сферах, де необхідне безконтактне керування [7]: у хірургії – для перегляду медичних знімків без дотику до обладнання; у виробництві – для роботи з інструкціями або відеоматеріалами при

забруднених руках; у сфері обслуговування – для створення систем «розумного» робочого місця.

Переваги розробки. Основними перевагами запропонованого рішення є: низька вартість компонентів, простота інтеграції, гігієнічність, гнучкість у програмуванні, а також можливість адаптації для керування будь-якими пристроями, що підтримують Bluetooth HID. Крім того, система є енергоефективною та компактною, що дозволяє вбудовувати її у портативні пристрої.

Висновки. Розроблений пристрій на базі датчика APDS-9960 та мікроконтролера ESP32 підтвердив ефективність жестового керування як перспективного напрямку розвитку інтерфейсів «людина–машина». Отримані результати демонструють можливість практичного застосування системи у медичній, промисловій та побутовій сферах для забезпечення безпеки, гігієни та зручності користування.

Список використаних джерел

1. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Espressif Systems, 2024. 56 p. URL: <https://www.espressif.com> (Last accessed: 16.10.2025).
2. Broadcom Inc. APDS-9960 Gesture Sensor : Data Sheet. Broadcom, 2023. 36 p. URL: <https://docs.broadcom.com> (Last accessed: 16.10.2025).
3. Федоренко І. В., Кравченко Д. О. Мікроконтролери ESP32 у системах Інтернету речей. Київ : КНУТД, 2022. 124 с.
4. Кузнецов О. М. Вбудовані системи та сенсорні технології: навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2021. 212 с.
5. Arduino Reference. APDS9960 Gesture Sensor Library Documentation. Arduino.cc, 2024. URL: <https://www.arduino.cc/en/Reference> (Last accessed: 16.10.2025).
6. Bluetooth SIG. Bluetooth HID Profile Specification. Version 1.1. 2023. 78 p.
7. Сидоренко П. П., Литвиненко О. Ю. Безконтактні інтерфейси взаємодії користувача з електронними системами. *Сучасні інформаційні технології та системи*. 2022. № 2. С. 45–52.

Невідомий Д. О.,

бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії,

Пузирьов С. В.,

канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії,

Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

СИСТЕМА ОБ'ЄДНАННЯ ВІДЕОПОТОКІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ НА БАЗІ RASPBERRY PI

Актуальність теми. Сучасні системи відеоспостереження зіштовхуються з проблемою обмеженого кута огляду стандартних камер. Це створює "сліпі зони" в системах безпеки та ускладнює створення повного панорамного зображення. Вирішенням цієї проблеми є програмне об'єднання відеопотоків з кількох камер в єдину панораму.

Мета роботи. Розробити програмно-апаратний комплекс на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi для з'єднання відеопотоків з двох або більше камер у реальному часі, що дозволяє отримати єдине панорамне зображення.

Апаратна та програмна платформа. В якості центрального обчислювального пристрою використовується одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 5, на ньому присутні два універсальні роз'єми MIPI CSI/DSI, які використовуються для підключення двох Raspberry Pi Camera Module. Програмна частина реалізована на мові Python з використанням бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV.

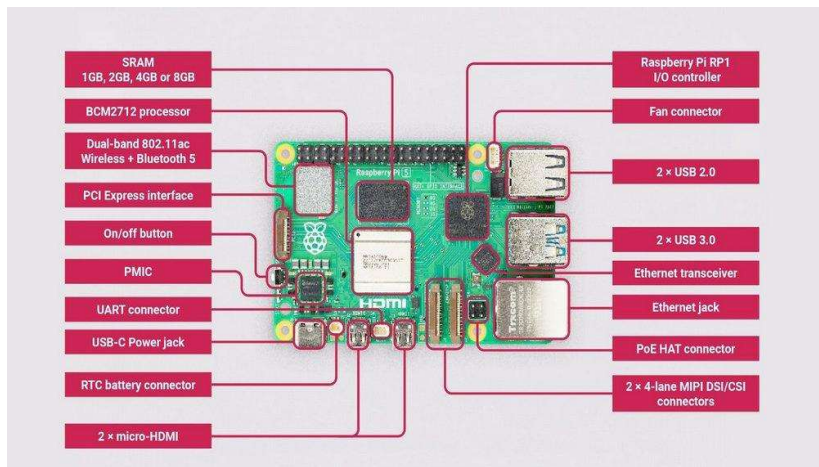


Рисунок 1 – Елементи плати Raspberry Pi



Рисунок 2 – Raspberry Pi Camera Module

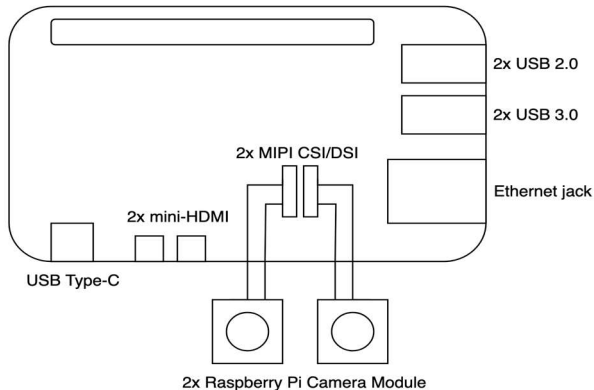


Рисунок 3 – Підключення камерних модулів до плати

Принцип роботи. В основі системи лежить програмний конвеєр, запущений на Raspberry Pi, який працює за таким циклічним принципом:

1) синхронне зняття відеопотоків. На першому етапі система одночасно звертається до обох камерних модулів, під'єднаних до CSI-портів Raspberry Pi. Використовуючи спеціалізовані бібліотеки

(наприклад, `picamera2` для Python), програма захоплює пару кадрів – по одному з кожної камери – які відповідають одному й тому ж моменту часу. Синхронність є критично важливою, щоб уникнути викривлення рухомих об'єктів на фінальному зображенні;

2) покадрова обробка в програмному конвеєрі. Кожна захоплена пара кадрів передається на обробку в програмний конвеєр. Це означає, що поки обробляється поточна пара, камери вже готуються захопити наступну. Обробка включає такі кроки:

- виявлення ключових точок: На ділянках зображень, що перекриваються, за допомогою алгоритму ORB знаходяться унікальні риси (кути, контрастні області);

- співставлення точок: Система знаходить відповідні пари точок на зображеннях з різних камер;

- розрахунок матриці гомографії: На основі знайдених пар точок за допомогою алгоритму RANSAC обчислюється матриця трансформації, яка математично описує, як "викривити" одне зображення, щоб воно збіглося з перспективою іншого;

- об'єднання та згладжування: Зображення трансформуються та об'єднуються з іншим, задля усунення видимого розриву застосовуються алгоритми змішування кольорів.

Після завершення обробки фінальне панорамне зображення може виводитись на екран або передаватись далі, а конвеєр одразу ж приймає в роботу наступну пару кадрів.

Практичне застосування. Розроблена система може бути використана для:

- 1) систем відеоспостереження;
- 2) автомобільних систем допомоги водію;
- 3) безпілотних літальних апаратів;
- 4) створення імерсивного контенту.

Переваги розробки. Основними перевагами запропонованого рішення є:

- 1) економічна ефективність;
- 2) масштабованість;
- 3) гнучкість.

Висновки. Таким чином, розробка програмного комплексу дозволить на практиці продемонструвати ефективність сучасних алгоритмів комп'ютерного зору для створення панорамного відео. Очікується, що успішна реалізація проекту відкриє значний потенціал для застосування даної технології у сферах безпеки, робототехніки та мультимедіа з метою вирішення проблеми обмеженого поля зору камер.

Список використаних джерел

1. Image Stitching with OpenCV and Python – PyImageSearch. *PyImageSearch*. URL: <https://pyimagesearch.com/2018/12/17/image-stitching-with-opencv-and-python/> (Last accessed: 17.10.2025).
2. OpenCV: feature matching. *OpenCV documentation index*. URL: https://docs.opencv.org/4.x/dc/dc3/tutorial_py_matcher.html (Last accessed: 17.10.2025).
3. OpenCV: High level stitching API (Stitcher class). *OpenCV documentation index*. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d8/d19/tutorial_stitcher.html (Last accessed: 17.10.2025).
4. OpenCV: ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF). *OpenCV documentation index*. URL: https://docs.opencv.org/3.4/d1/d89/tutorial_py_orb.html (Last accessed: 17.10.2025).
5. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 5 board 4GB. *Інтернет магазин мікрокомп'ютерів та аксесуарів*. URL: <https://evo.net.ua/mikrokompiuter-raspberry-pi-5-board-4gb/> (дата звернення: 17.10.2025).
6. Pounder L. How to use dual cameras on the Raspberry Pi 5. *Tom's Hardware*. URL: <https://www.tomshardware.com/raspberry-pi/how-to-use-dual-cameras-on-the-raspberry-pi-5> (Last accessed: 17.10.2025).
7. Set up Python Picamera2 on a Raspberry Pi. *Random Nerd Tutorials*. URL: <https://randomnerdtutorials.com/raspberry-pi-picamera2-python/> (Last accessed: 17.10.2025).

ГЕНЕРАЦІЯ ФРАКТАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ЗАДАНИМИ ПРОСТОРОВО-ЧАСТОТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДВОВИМІРНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Вступ

Сучасні пристрої двовимірного відображення інформації (дисплеї, монітори, проектори) характеризуються складними просторово-частотними характеристиками, які впливають на якість відтворення зображень. Традиційні тестові патерни (шахівниці, сітки, градієнти) не забезпечують комплексного тестування всього діапазону просторових частот та не відображають реальні умови експлуатації пристроїв.

Фрактальні зображення [1] завдяки своїм унікальним статистичним властивостям – самоподібності, широкому спектру просторових частот та контрольованій складності – є ідеальними тестовими об'єктами для всебічної оцінки характеристик систем відображення.

Мета роботи: розробка методів генерації фрактальних тестових зображень з контрольованими просторово-частотними властивостями та створення методології їх застосування для тестування пристроїв відображення.

Математична модель

Фрактальне зображення описується через спектральну щільність потужності (СЩП), що має степеневий характер [2]:

$$S(f) = \frac{A}{f^\beta}, \beta = 2H + 2, \quad (1)$$

де $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ – просторова частота; $H \in (0; 1)$ – параметр Херста; A – нормувальна константа.

Для генерації зображення з заданою СЩП використовується метод синтезу у частотній області [3]:

$$I(x, y) = IFFT2D \left[\sqrt{S(f_x, f_y)} \cdot e^{i\Phi(f_x, f_y)} \right], \quad (2)$$

де $\Phi(f_x, f_y)$ – матриця випадкових фаз з рівномірним розподілом на відрізьку $[0; 2\pi]$.

Методи генерації

1. Базовий метод на основі зворотного швидкого перетворення Фур'є

Алгоритм складається з наступних етапів:

– формування частотної решітки розміром $N \times M$;

– генерація випадкових фаз $\Phi(k; l) \sim U(0; 2\pi)$;

– обчислення амплітуд: $A(k, l) = \sqrt{S(f_x(k), f_y(l))}$;

– застосування зворотного швидкого перетворення Фур'є з дотриманням симетрії Ерміта;

– нормалізація до діапазону $[0; 255]$ для 8-битного представлення.

2. Метод ітеративної корекції

Для підвищення точності відтворення заданої СЦП виконується ітеративна корекція [4]:

$$F_{n+1}(f) = \sqrt{\frac{S_d(f)}{|F_n(f)|^2}} \cdot F_n(f), \quad (3)$$

де $S_d(f)$ – цільова СЦП; $F_n(f)$ – спектр на n -й ітерації.

Збіжність досягається за $k = 3-5$ ітерацій з точністю $\epsilon < 0,05$.

3. Анізотропна генерація

Для тестування напрямлених характеристик дисплеїв використовується анізотропна модель:

$$S(f_x, f_y) = \frac{A}{(a^2 f_x^2 + b^2 f_y^2)^{\beta/2}}, \quad (4)$$

де параметри a, b контролюють анізотропію по осях x та y .

Параметри тестових зображень

Розроблено набір тестових зображень з характеристиками [5], що наведені у табл. 1.

Параметр	Значення	Призначення
H	0,3; 0,5; 0,7; 0,9	Діапазон текстурної складності
Розмір	512^2 ; 1024^2 ; 2048^2	Різні роздільності здатності
Анізотропія	$a / b = 1$; 2; 4	Напрямлені властивості
Діапазон частот	$[f_{min}, f_{max}]$	Обмежений фрактал

Таблиця 1 – Параметри тестового набору

Приклад тестового зображення наведено на рис. 1.

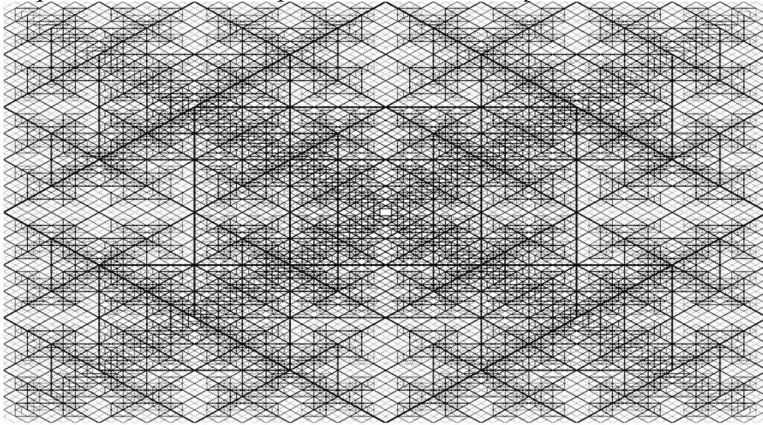


Рисунок 1 – Приклад тестового зображення

Методологія тестування

Тестовані характеристики:

1. Просторова роздільна здатність:
 - аналіз збереження високочастотних компонент.
 - оцінка функції передачі модуляції (MTF).
 - виявлення ефектів аліасингу.
2. Частотна характеристика:
 - порівняння СЩП вхідного та відображеного зображення;
 - оцінка коефіцієнта передачі: $H(f) = S_{out}(f) / S_{in}(f)$;
 - виявлення частотних спотворень.
3. Динамічний діапазон:
 - відтворення тональних переходів;
 - втрата деталей у тінях та світлах;
 - гамма-характеристика дисплею.
4. Анізотропія відображення:
 - різниця передачі по горизонталі та вертикалі;
 - діагональні спотворення;
 - субпіксельна структура.

Метрики якості:

1. Спектральна метрика ($RMSE$):

$$RMSE_{spectrum} = \sqrt{\frac{1}{N_f} \sum_{i=1}^{N_f} [\log S_{in}(f_i) - \log S_{out}(f_i)]^2} \quad (5)$$

2. Коефіцієнт структурної подібності ($SsiM$):

$$SsiM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (6)$$

3. Фрактальна розмірність (D):

$$D_{error} = |D_{in} - D_{out}| \quad (7)$$

Результати тестування

Проведено тестування двох типів дисплеїв: LCD (iPS, 4K), OLED (Full HD) та проектор DLP (Full HD). Отримані результати наведено у табл. 2.

Характеристика	LCD IPS	OLED	DLP
$RMSE_{spectrum}$	0,082	0,095	0,134
$SsiM$ (середнє)	0,953	0,941	0,887
D_{error}	0,028	0,041	0,089

Таблиця 2 – Результати тестування пристроїв відображення інформації

Основні висновки за результатами тестування:

- LCD iPS-дисплей демонструє найкращу передачу просторово-частотних характеристик завдяки високій роздільній здатності;
- OLED-дисплей має незначну перевагу у відтворенні низькочастотних компонент через високий контраст зображення;
- DLP-проектор показує найбільші спотворення, особливо на високих частотах через обмеження оптичної системи.

Практичні застосування

Розроблені методи генерації фрактальних тестових зображень з контрольованими просторово-частотними властивостями можуть бути широко застосовані у наступних сферах:

1. Контроль якості виробництва

Фрактальні тестові зображення використовуються для:

- виявлення дефектів пікселів та субпікселів;
- перевірки рівномірності підсвічування;
- оцінки кутової залежності характеристик;
- калібрування кольоропередачі.

2. Сертифікація та стандартизація

Запропонована методологія може бути основою для:

- розробки стандартів тестування дисплеїв;
- класифікації пристроїв за якістю відображення;
- порівняльного аналізу різних технологій.

3. Налаштування систем відображення

Результати тестування дозволяють:

- оптимізувати налаштування різкості та контрасту;
- коригувати гамма-криві;

— компенсувати частотні спотворення програмно.

Переваги фрактального підходу

1. **Широкий частотний спектр:** одне зображення містить компоненти всіх просторових частот у контрольованому співвідношенні.

2. **Статистична об'єктивність:** фрактальні параметри є інваріантними до положення та орієнтації.

3. **Близькість до реальних зображень:** природні текстури мають фрактальні властивості, що забезпечує реалістичність тестування.

4. **Контрольованість:** можливість точного задання спектральних характеристик тестових зображень.

5. **Автоматизація аналізу:** спектральні методи легко реалізуються алгоритмічно без суб'єктивної оцінки.

Висновки

1. Розроблено математичну модель та ефективні алгоритми генерації фрактальних зображень з точно контрольованими просторово-частотними властивостями.

2. Запропоновано комплексну методологію тестування пристроїв двовимірного відображення на основі фрактальних тестових патернів.

3. Експериментально підтверджено ефективність методу для виявлення просторово-частотних спотворень різних типів дисплеїв.

4. Фрактальний підхід забезпечує більш об'єктивну та всебічну оцінку якості відображення порівняно з традиційними методами.

Список використаних джерел

1. Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature. W.H. Freeman, 1982. 468 p.
2. Saupe D. Algorithms for random fractals. *The Science of Fractal images*. Springer, 1988. P. 71–136.
3. Peitgen H.-O., Saupe D. The science of fractal images. Springer-Verlag, 1988. 312 p.
4. Wang Z., Bovik A.C. Modern image quality assessment. Morgan & Claypool Publishers, 2006. 156 p.
5. Boreman G. D. Modulation transfer function in optical and electro-optical systems. SPIE Press, 2001. 120 p.

ПЕРЕТВОРЕННЯ BLUETOOTH-ПРИСТРОЮ НА APPLE AIRTAG БЕЗ ПРИВІЛЕЇВ ROOT

Останнім часом набули поширення мережі Find My від Apple та Find My Device Network (FMDN) від Google, які активовані за замовчуванням на всіх сучасних пристроях iOS та Android [1; 2]. Однак, крім корисної функції пошуку загублених Bluetooth-пристроїв (трекери, навушники тощо), зазначені мережі також можуть використовуватись зловмисниками для здійснення несанкціонованого доступу (НСД).

Мережевий експлойт (метод nRootTag) у Find My від Apple дозволяє перетворити звичайний Bluetooth-пристрій (десктоп, ноутбук, смартфон, IoT) на трекер у мережі Apple Find My без підвищених (root) привілеїв. Метод ґрунтується на пошуку пари відкритого/приватного ключів, відкритий ключ якої співпадає з критичною частиною BLE-адреси цільового пристрою, після чого пристрій надсилає «lost message».

Завдяки масштабній мережі Finder-пристроїв Apple атакуючий може отримувати зашифровані звіти про місцезнаходження та розшифровувати їх власним приватним ключем [3]. Існує дві практичні реалізації (для Linux та для Windows/Android), які мають різні оцінки затримки, точності і витрат.

Apple Find My використовує BLE-реклами та розгалужену мережу пристроїв-«finder», щоб повідомляти місцезнаходження загублених трекерів. Попередні дослідження показали можливість виготовити трекер з апаратних плат (OpenHayStack [4]), але такі підходи зазвичай вимагають root-доступу або спеціального обладнання.

Find My частину публічного ключа зберігає у BLE-адресі. Замість зміни адреси (необхідно root), пропонується генерувати ключі, поки не знайдеться пара, відкритий ключ якої має потрібну критичну частину. Отримавши відповідний відкритий ключ, пристрій може рекламувати «lost message». В такому разі і будь-який Finder надішле зашифрований звіт у хмару Apple, доступ до якого має лише власник приватного ключа. Критичне спостереження: реалізація Find My на практиці приймає різні типи BLE-адрес (public, RPA, NRPA), хоча специфікація офіційно вимагає random static [5] – це дає атакувальнику необхідну гнучкість. Архітектура nRootTag зображена на рис. 1.

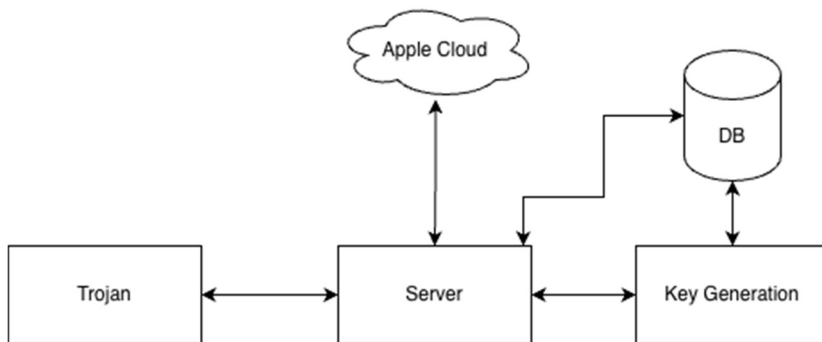


Рисунок 1 – Архітектура методу nRootTag

Trojan – код на цільовому пристрої, що витягує BLE-адресу і рекламує lost messages після отримання відкритого ключа.

Сервер – обробляє запити, проводить пошук ключів, зберігає мапінг TrojanID-ключів.

База даних – оптимізована по OUI/критичній частині адреси для економії пам'яті.

GPU-модуль – генерація ключів у великих обсягах та прискорений онлайн-пошук.

Модель: Trojan отримує унікальний ID далі надсилає BLE-адресу на сервер, після чого сервер знаходить пару ключів та Trojan починає відправляти відповідний public key. Знайдені finders завантажують location reports, та сервер запитує Apple Cloud і розшифровує звіти приватним ключем.

Варіанти реалізації:

Два варіанти реалізації Attack-I (Linux). На Linux часто використовується публічна BLE-адреса, яку можна прочитати без root. Для кожного OUI (24 біт) побудовано файл-таблицю з 2^{24} записів. Повне охоплення вимагає ≈ 20 Тбайт зберігання – реалізація практична для індивідуального зловмисника.

Attack-II (Windows / Android). Ці ОС використовують приватні або змінні адреси, доступні не завжди. Сценарій передбачає наявність принаймні двох пристроїв із трояном у BLE-діапазоні (взаємний знім адрес), або застосування онлайн GPU-пошуку.

Загрози та сценарії застосування: Зловмисники можуть інтегрувати nRootTag у широко розповсюджені застосунки (shopping, streaming, social), ботнети або використовувати у розвідувальних цілях. Атака не потребує GPS, root-прав або реєстрації пристрою в Apple Cloud – достатньо активного BLE-модуля і троянського коду на пристрої.

Пом'якшення ризику:

- 1) оновлення Finder-пристроїв для ігнорування реклами не-random static addresses або додаткова автентифікація lost messages;
- 2) аналіз і виявлення аномальної генерації lost messages на боці систем пошуку. Прийняття оновлень прошивок Apple;
- 3) інші технічні та організаційні заходи для контролю доступу до BLE-API на платформах.

Висновки. Метод nRootTag демонструє, що глобальні crowd-sourced мережі відстеження (на прикладі Apple Find My) можуть бути зловживані для масштабного, точного та економно-доступного шпигунства шляхом НСД до чужих пристроїв через Bluetooth-порт, навіть без привілеїв розробника чи адміністратора. Усунення вразливості вимагає змін у реалізації Find My на стороні Finder-пристроїв та перегляду політик щодо обробки BLE-advertisements.

Список використаних джерел

1. Sundararajan V., Rithwik. Symbolic verification of Apple's Find My location-tracking protocol : preprint. October 2025. 19 p. DOI: 10.48550/arXiv.2510.1458.
2. Böttger L., Matern A., Arndt D., Hollick M. Okay Google, Where's My Tracker? Security, Privacy, and Performance Evaluation of Google's Find My Device Network. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*. 2025. Is. 4. P. 605–619. DOI: 10.56553/popets-2025-0147.
3. Apple Developer. Find My network accessory specification. June 2020. URL: <https://developer.apple.com/find-my/> (Last accessed: 16.10.2025).
4. OpenHayStack project – prior community work on Find My abuse. URL: <https://github.com/seemoo-lab/openhaystack> (Last accessed: 16.10.2025).
5. Документація Bluetooth Core Specification (Bluetooth SIG) URL: <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/core-specification-6-0/> (Last accessed: 16.10.2025).

КЕРУВАННЯ 2-DOF МЕХАНІЗМАМИ НА ОСНОВІ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ

Актуальність розробки та впровадження гуманоїдних механізмів є одним із найбільш динамічних і багатограних напрямів сучасної науково-технічної думки, що має перспективу у беспрецедентному темпі розвитку інженерії, мехатроніки, систем керування, штучного інтелекту та сенсорних технологій. Особливо значущим напрям стає у контексті розвитку протезування, де всі перелічені технології знаходять своє практичне втілення, забезпечуючи технічну можливість відтворення складних біомеханічних рухів і функцій людського тіла [1]. Розробка гуманоїдів, а особливо маніпулятивних систем, слугує потужним каталізатором для всієї інженерної галузі, вимагаючи постійного вдосконалення матеріалознавства – зокрема, легких і міцних біосумісних композитів, що є критично важливими для сучасних протезів. Крім того, ця галузь стимулює розробку більш ефективних систем енергозабезпечення, таких як акумулятори з високою щільністю енергії для тривалої автономної роботи, підвищення точності та мініатюризації приводів, що безпосередньо впливає на створення компактних і потужних протезів, а також розвиток чутливих сенсорних технологій, що розширює можливості як робототехніки [3], так і протезування. Найважливішим аспектом є інтеграція механічної частини з інтелектуальними алгоритмами керування та штучним інтелектом.

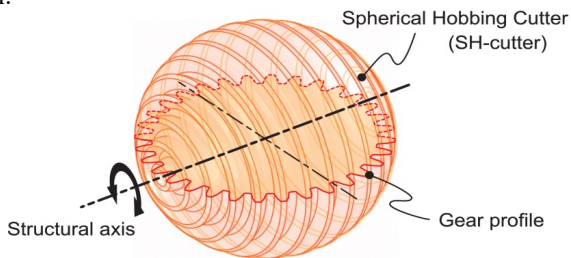


Рисунок 1 – Сферична шестерня (CS)

Сучасні гуманοїдні роботи, а за їх зразком і передові бїонїчні протези, оснащенї системами, якї дозволяють їм не лише сприймати навколишнє середовище, але й інтерпретувати нейросигнали, розпїзнавати наміри користувача та адаптивно коригувати свої дїї. Це забезпечує високу гнучкїсть, адаптивнїсть та, що найголовнїше, їнтуїтивнїсть керування, що є ключовим для функцїональних протезїв. Практичне значення цих дослїдженнь виражається не лише у здатностї створювати роботїв для роботи в небезпечних умовах, але й у їхнїй трансформацїйнїй корисностї для медицини, зокрема в створеннї їнновацїйних протезїв і реабїлітацїйних систем. Гуманοїднї технологїї слугують унїкальною платформою для наукових дослїдженнь бїомеханїки людського тїла та нейропластичностї мозку, що дозволяє розробляти протези, якї не лише вїдтворюють зовнїшнїй вигляд кїнцївки, але й її повноцїнну функцїональнїсть, включаючи тактильний зворотний зв'язок. Таким чином, актуальнїсть створення гуманοїдних механїзмїв визначається подвїйним їмперативом: технологїчним прагненням створити досконалї, людиноподїбнї машини та практичною необхідностю вирїшення складних медико-технїчних завданнь, серед яких протезування займає одне з найважливиших мїсць. Центральна роль у забезпеченнї функцїональностї гуманοїдїв належить механїзмам: використання високоточних сервоприводїв, їнтегрованих їз гїроскопами та складними системами динамїчного балансування, є критично важливим, оскїльки цї компоненти забезпечують не лише автономнїсть і стабїльнїсть двоногїй ходи, але й високу гнучкїсть, необхідну для манїпуляцїй та оперування в тривимїрному просторї. Саме цї системи дозволяють роботу ефективно пересуватися, долати перешкоди та виконувати завдання у середовищї, спроектованому вїдповїдно до антропометричних параметрїв людини.

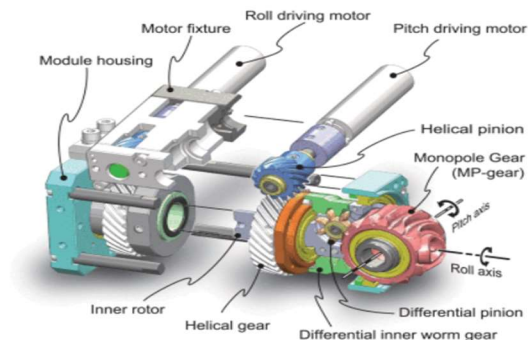


Рисунок 2 – Привїдний модуль

Антропоморфна конструкція гуманоїдних механізмів є визначальною перевагою, адже завдяки цій формі роботи стають універсальними виконавцями, здатними безпосередньо взаємодіяти з інструментами, обладнанням та інфраструктурою, розрахованими на людські розміри, силу та логіку використання, що робить їх ефективними у будь-якому існуючому людському середовищі. Було досліджено частину механізму, який буде заміняти кисть, а саме частину, яка виконує функції руху кисті руки. Типова операція в САІР дозволяє взяти двовимірну фігуру поперечної сферичної шестерні та перетворити її на тривимірну. Якщо взяти шестерню та відтворити її вздовж сфери декілька разів, то можна передавати потужність обертання майже під будь-яким кутом (рис. 1).

Однак ми розглянемо привідний модуль, що передає роботу на сферу. Привідний модуль має диференціальний вузол для регулювання кутів тангажу та крену зубчастої передачі МР, яка входить у зачеплення з зубчастою передачею СS (рис. 2). Вузол складається з внутрішнього ротора, внутрішньої черв'ячної передачі диференціала, планетарної передачі диференціала та зубчастої передачі МР. Внутрішній ротор обертається навколо осі обертання за допомогою роликового двигуна. Внутрішня черв'ячна передача диференціала, яка має зубці всередині циліндра, обертається навколо тієї ж осі за допомогою двигуна тангажу. Планетарна передача диференціала, встановлена на внутрішньому роторі, передає потужність на зубчасту передачу МР, спричинену різницею кутових швидкостей між внутрішнім ротором та внутрішнім черв'яком. Зубчаста передача МР, встановлена на внутрішньому роторі, отримує рушійну силу для обертання навколо осі обертання та осі тангажу від внутрішнього ротора та планетарної передачі диференціала відповідно. Зверніть увагу, що орієнтація осі тангажу залежить від обертання навколо осі обертання.

Мультиагентна система (рис. 3) базується на двох абстрактних класах: Agent та ExecutiveAgent. Клас Agent слугує основою для всіх автономних сутностей, визначаючи базові атрибути, такі як ідентифікатор (agentID), тип (agentType) та спільну базу знань (knowledgeBase), а також фундаментальні методи взаємодії, як-от відправка та отримання повідомлень. Клас ExecutiveAgent розширює функціонал агента, додаючи здатність керувати чергою завдань (taskQueue) та виконувати послідовні дії, необхідні для управління процесом. Клас ScenarioManager є виконавчим агентом, відповідальним за завантаження конкретного сценарію використання протезної кисті, ініціювання повного циклу аналізу та координацію роботи всіх залучених агентів. Клас HandModelAgent містить критично важливі

атрибути, такі як кількість ступенів свободи (2-DOF), кінематичну та динамічну моделі, і використовується для симуляції руху та розрахунку динаміки механізму.

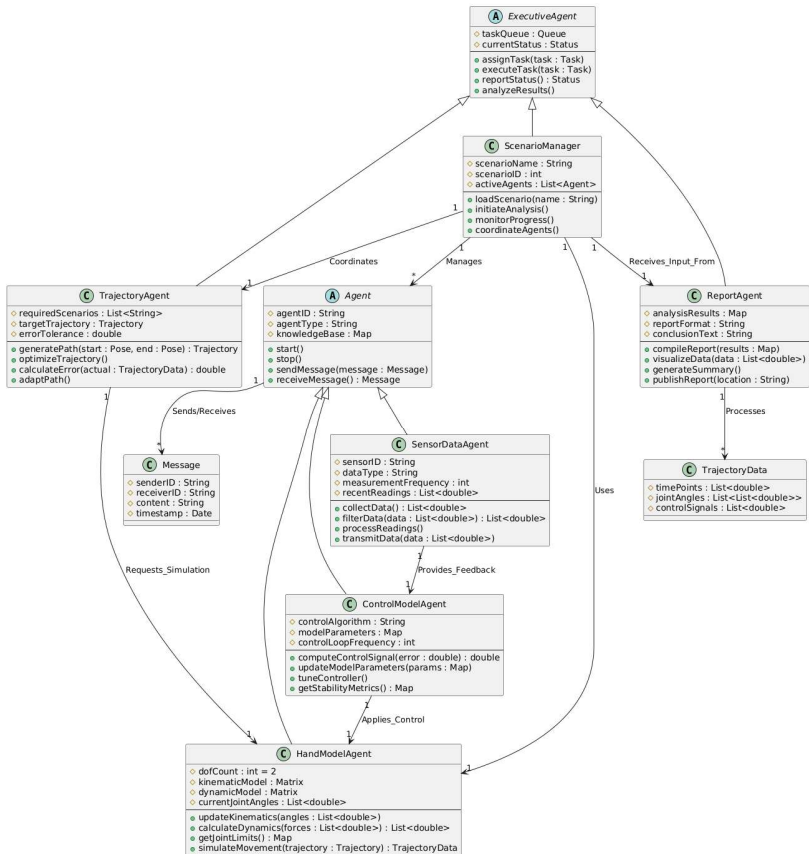


Рисунок 3 – Діаграма класів мультиагентної системи (MAC) керування 2-DOF механізмом

Для забезпечення руху в рамках сценаріїв існує TrajectoryAgent, який генерує оптимальні траєкторії для протеза, оптимізує їх та розраховує помилку відстеження шляху. У свою чергу, ControlModelAgent представляє безпосередньо модель керування. Він містить інформацію про алгоритм керування (ПД, обчислення крутного моменту) та його параметри, обчислюючи необхідний

керуючий сигнал. Зворотний зв'язок для цього контролера забезпечує SensorDataAgent [2], який імітує збір, фільтрацію та обробку даних від віртуальних сенсорів протеза. На завершення процесу, ReportAgent, також будучи виконавчим агентом, збирає всі проміжні та фінальні результати аналізу, компілює їх у структурований звіт, візуалізує ключові показники ефективності та публікує загальні висновки щодо функціонування кисті у заданому сценарії. Обмін інформацією між усіма агентами відбувається за допомогою службового класу Message, а детальні дані про рух і керування зберігаються у класі TrajectoryData. В результаті дослідження проаналізовано можливості компактного пристрою, який може обертатися як за віссю обертання, імітуючи кругові оберти рукою, так і за віссю тангажу що імітують рухи вправо вліво або верх вниз за умови ефективної роботи MAC та встановленого 2-DOF механізму протезу кисті.

Список використаних джерел

1. Zhang Y., Zhou X., Zhang F. Design, dynamic modeling and control of a 2-DOF robotic wrist actuated by twisted and coiled actuators. 2025. arXiv preprint arXiv:2503.05508.
2. Гюльмамедов Н., Бурлаченко І. Особливості мультиагентних роботизованих систем. *Ольвійський форум – 2025: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези доп. XXII Міжнар. наук. конф., Миколаїв, 16–21 черв. 2025 р. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. No. 1. Р. 74–79. DOI: 10.34132/mspc2025.01.06.15.
3. Li P., Tian Y., Zhang W., Chen M., Yang B. Modelling and control of a 2-DOF robot arm with elastic joints for safe human-robot interaction. *Frontiers in Robotics and AI*. 2021. Vol. 8, Article 679304. DOI: 10.3389/frobt.2021.679304.

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ НА БАЗІ RASPBERRY PI, OPENCV TA YOLOV8

Розпізнавання емоційного стану людини є ключовою задачею в галузях людино-машинної взаємодії, психологічного аналізу та систем безпеки. В даній роботі представлено прототип системи, здатної в реальному часі детектувати обличчя та класифікувати емоції за допомогою нейронної мережі YOLOv8, розгорнутої на платформі Raspberry Pi. Платформа Raspberry Pi (зокрема, моделі 4 або 5) є оптимальною апаратною базою для таких завдань, поєднуючи достатню обчислювальну потужність для запуску нейромережових моделей та низьке енергоспоживання (рис. 1). В її основі лежить багатоядерний процесор ARM Cortex, що дозволяє паралельно обробляти відеопотік та виконувати логіку розпізнавання.

Raspberry Pi | Model 4 B

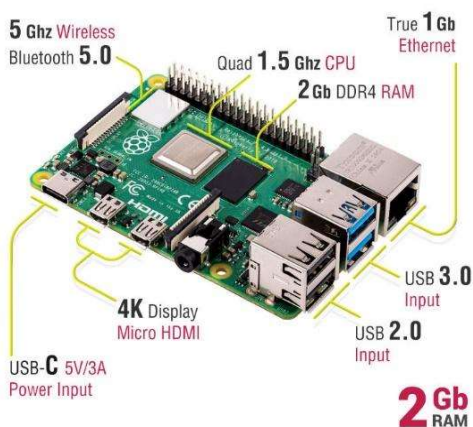


Рисунок 1 – Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4

Ключовими характеристиками є наявність 4-8 GB RAM для роботи з моделями та кадрами, а також інтерфейс камери (CSI) для прямого підключення модуля камери.

Важливою особливістю платформи є наявність таких компонентів:

- програмна підтримка, що дозволяє встановити повноцінну ОС Linux та необхідні бібліотеки, такі як OpenCV та PyTorch/ONNX Runtime;

- інтерфейси Wi-Fi та Ethernet, що дозволяють передавати результати розпізнавання (наприклад, у вигляді JSON або по MQTT) на віддалений сервер;

- порти GPIO, що дають можливість інтегрувати систему з виконавчими механізмами (наприклад, сигнальними лампами чи звуковими сповіщеннями).

Програмна реалізація базується на двох ключових технологіях. Бібліотека OpenCV використовується для захоплення відеопотоку з камери, попередньої обробки кадрів (зміна розміру, нормалізація) та візуалізації кінцевого результату. В якості моделі розпізнавання використовується YOLOv8 – сучасна архітектура згорткових нейронних мереж. На відміну від класичного підходу «спочатку детекція обличчя, потім класифікація емоцій», використовується єдина модель YOLOv8, спеціально навчена на детекцію об'єктів, де класами виступають самі емоції (наприклад, «щастя», «сум», «гнів», «нейтральний стан» тощо).

На рис. 2 приведено блок-схему алгоритму роботи системи.

Перед запуском обробки відеопотоку необхідно підготувати модель YOLOv8, яка повинна бути донавчена на спеціалізованому датасеті емоцій, де кожна емоція є окремим класом.

Після запуску система працює наступним чином:

- на Raspberry Pi захоплюється кадр за допомогою OpenCV;
- кадр передається на вхід моделі YOLOv8 для інференсу;
- модель повертає координати облич (bounding boxes) та відповідний клас емоції для кожного знайденого обличчя;
- OpenCV домальовує рамки та текстові підписи емоцій на вихідному кадрі для моніторингу.

Система працює в реальному часі, обробляючи відеопотік безпосередньо на пристрої. Обчислювальної потужності Raspberry Pi достатньо для запуску полегшених версій YOLOv8 зі швидкістю, прийнятною для моніторингу. Результати розпізнавання можуть бути виведені на підключений дисплей або транслюватись у мережу. Важливим напрямком є оптимізація моделі для підвищення швидкодії. Дослідження також повинно охоплювати тестування стійкості системи

до різних умов освітлення та часткових перекриттів обличчя. Реалізація такої системи на базі YOLOv8 та Raspberry Pi є перспективним рішенням для створення автономних, недорогих та «розумних» пристроїв, здатних аналізувати емоційний фон оточення.

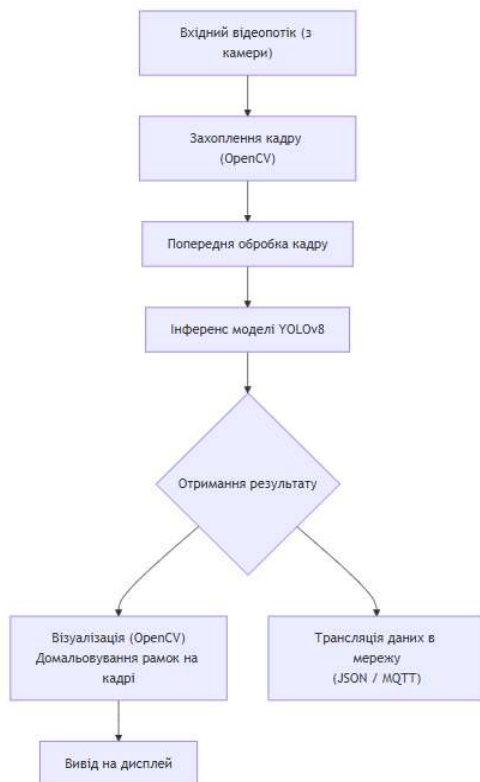


Рисунок 2 – Алгоритм розпізнавання емоцій при покадровій обробці відеопотоку

Список використаних джерел

1. Wang J., Zhang H., Liu Y. Real-time facial emotion recognition based on improved YOLOv8-n model. 2023 *5th International Conference on Mechatronics and Computer Technology (ICMCT)*. 2023. P. 504–508. DOI: 10.1109/ICMCT59034.2023.10334812.
2. Shith A. K., Chy M. R., Joy A. S. FER-YOLO: A Real-time facial emotion recognition system based on YOLOv8. 2024 *International Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ISSP)*. 2024. P. 1–6. DOI: 10.1109/ISSP60924.2024.10527375.
3. Bradski G. The OpenCV library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*. 2000. Vol. 25, Is. 11. P. 120–123.
4. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. YOLO by Ultralytics. 2023. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (Last accessed: 19.10.2025).
5. Raspberry Pi documentation. Camera module guide. 2024. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/camera.html> (Last accessed: 19.10.2025).
6. Li Z., Chen F., Xu Y. Lightweight facial emotion recognition on Edge devices using optimized CNNs. *IEEE Access*. 2024. Vol. 12. P. 15723–15735. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3345671.
7. Mittal A., Patel S., Garg D. Real-time emotion recognition using Raspberry Pi and Deep Learning. *Journal of Embedded Systems and Applications*. 2023. Vol. 15, No. 2. P. 77–84.
8. Han J., Morency L. P. Toward real-time multimodal emotion recognition in human–robot interaction. *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 98–110.
9. Brown T., Miller R. Optimizing deep learning models for Edge AI with ONNX runtime. *AI Edge Computing Review*. 2024. Vol. 2, No. 3. P. 45–53.

АНАЛІЗ БЕЗПЕКОВИХ РИЗИКІВ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ВНАСЛІДОК ФРАГМЕНТАЦІЇ ПОЛІТИК ДОСТУПУ В БАГАТОХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Стрімке впровадження багатохмарних стратегій серед підприємств створює нові виклики для кібербезпеки. Сучасні організації все частіше одночасно використовують декілька хмарних платформ (AWS, Azure, GCP тощо) для розподілу навантаження та підвищення відмовостійкості. За даними недавнього дослідження, 89 % компаній застосовують різні інструменти та політики безпеки для окремих сегментів своєї інфраструктури, що ускладнює підтримання послідовного контролю [1]. Кожен провайдер пропонує власну систему керування ідентифікацією та доступом, через що виникає фрагментація політик безпеки – відсутність єдиних правил доступу та централізованого нагляду між хмарами. Така неоднорідність означає, що заходи безпеки, налаштовані в одній хмарі, не автоматично діють в іншій, створюючи області політик безпеки, роз'єднаних між собою. Це суттєво ускладнює впровадження єдиних стандартів захисту і повного аудиту всіх компонентів системи, а також збільшує ймовірність прогалин у безпеці [2].

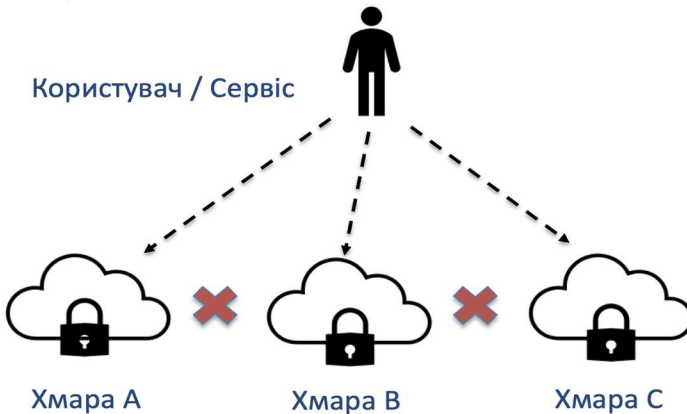


Рисунок 1 – Структура фрагментації політик доступу в багатохмарному середовищі

Структурна схема демонструє три хмарних середовища (А, В, С), кожен з яких має власні правила доступу (рис. 1). Червоні позначки «Х» вказують на прогалини між середовищами – відсутність спільної площини довіри, що унеможливорює централізований контроль і моніторинг доступу. В результаті потенційні загрози можуть використати ці прогалини, обійшовши захисні механізми окремих хмарних середовищ.

Фрагментація політик доступу підвищує ризики, пов'язані з людським фактором. Адміністраторам мереж доводиться налаштовувати та узгоджувати політики доступу одразу в кількох ізольованих системах, що збільшує шанс виникнення помилок. Непослідовність у налаштуваннях або простий недогляд (наприклад, невчасне відкликання привілеїв користувача в одній з хмар) можуть призвести до виникнення вразливостей. Досвід показує, що саме помилки налаштування є однією з поширених причин інцидентів у хмарі: майже третина порушень безпеки пов'язана з некоректними конфігураціями доступу [3]. Крім того, використання різних інструментів безпеки призводить до обмеженої видимості: фахівці не отримують цілісної картини подій, оскільки журнали та моніторингові дані розподілені між кількома платформами. У таких умовах зломисник може непомітно закріпитися в менш захищеному сегменті хмарної інфраструктури та розвинути атаку, залишаючись поза полем зору систем виявлення. Фрагментовані політики також ускладнюють дотримання нормативних вимог та принципів найменших привілеїв, оскільки гарантувати мінімально необхідні привілеї для користувачів та сервісів одночасно у всіх хмарах значно складніше.

У багатохмарних середовищах спостерігається фундаментальна неузгодженість моделей управління доступом. Розбіжності у тлумаченні повноважень та у життєвих циклах облікових даних і токенів доступу між різними хмарними платформами створюють суттєві ризики. Це призводить до появи надлишкових привілеїв – особливо під час міграції сервісів – та до затримок у процесі відкликання прав доступу. Наприклад, обліковий запис, деактивований в одному домені довіри, може залишатися активним в іншому, створюючи вразливість. Акумуляція таких архітектурних розбіжностей значно розширює поверхню атаки та створює сприятливі умови для несанкціонованого доступу.

Практичним наслідком такої неузгодженості є втрата цілісної картини подій безпеки. Коли журнали аудиту розкидані по різних платформах, мають різний формат і несинхронізований час, стає

неможливо зіставити пов'язані між собою події, щоб відтворити повний ланцюг атаки. В результаті на кордонах між хмарними середовищами виникають «сліпі зони», які утворюють вектори для горизонтального пересування зловмисника. Це дозволяє йому, скомпрометувавши найслабшу ланку, непомітно розширювати свою присутність в усій інфраструктурі. Ризик значно посилюється через існування неконтрольованих, тіньових ресурсів, які розгортаються командами поза межами централізованого управління і часто стають незахищеними точками входу для атак.

Окремо слід розглядати проблему реалізації концепції нульової довіри (англ. Zero Trust) в багатохмарному середовищі. Принципи нульової довіри передбачають постійну верифікацію кожного запиту доступу незалежно від його походження, що нівелює концепцію периметральної безпеки та поділу мережі на внутрішню контрольовану зону та менш довірене зовнішнє середовище [4]. В інфраструктурі з однією хмарою це досягається через єдину точку автентифікації та авторизації, проте в багатохмарному середовищі забезпечити централізований контроль значно складніше [5; 6]. Кожне середовище фактично виступає окремим доменом безпеки, і між ними відсутній спільний центр довіри. Це означає, що навіть за наявності принципів нульової довіри у межах окремого провайдера [7], наскрізна реалізація нульової довіри на рівні всього багатохмарного середовища залишається недосяжною без додаткових заходів інтеграції. Отже, фрагментація політик зводить нанівець переваги нульової довіри, адже атака може здійснюватися через те середовище, де контроль слабший або ізольований. В публікації [2] відзначено, що різноманітність протоколів автентифікації (OAuth, SAML, OpenID Connect) та підходів до авторизації в хмарі ускладнює єдине управління доступом і відкриває шлях до порушень безпеки. Таким чином, нульова довіра недостатня без побудови нової моделі довіри, здатної охопити всі хмарні платформи одночасно.

Отже, фрагментація політик доступу у багатохмарних середовищах наразі породжує серйозні ризики інформаційної безпеки, а їх мінімізація вимагає подальших досліджень та впровадження нових архітектур довіри. Така проблема є актуальною як у світовому, так і в національному контексті, адже перехід до хмарних технологій триває, і здатність протидіяти загрозам у розподілених системах визначатиме кіберстійкість організацій.

Список використаних джерел

1. Flexera 2024 State of the Cloud Report. *Flexera* : вебсайт. Publ. March 12, 2024. URL: <https://www.flexera.com/about-us/press-center/flexera-2024-state-of-the-cloud-managing-spending-top-challenge> (Last accessed: 14.10.2025).
2. Гриценко В. Г., Дєєв К. С., Худолій Є. П. Інноваційні методи захисту даних у комп'ютерних мережах: огляд літератури. *Техніка сьогодні*. 2025. № 5 (46). С. 1410–1425.
3. Security fragmentation in multi-cloud hybrid networks is putting core business applications at risk. *Resilience Forward* : вебсайт. Publ. August 11, 2025. URL: <https://resilienceforward.com/security-fragmentation-in-multi-cloud-hybrid-networks-is-putting-core-business-applications-at-risk> (Last accessed: 05.10.2025).
4. NIST SP 1800-35: Implementing a Zero Trust Architecture : practice guide. NIST National Cybersecurity Center of Excellence (NCCoE), 2025. 54 p. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1800-35.pdf> (Last accessed: 14.10.2025).
5. Худолій Є. П. Оцінка ризиків та переваг від поєднання принципів Zero Trust та технології блокчейн для захисту даних у багатохмарних середовищах. *Ольвійський форум – 2025: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі* : тези доп. XXII Міжнар. наук. конф., Миколаїв, 16–21 черв. 2025 р. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили. Серії: «Дизайн», «Комп'ютерні технології». 2025. № 1 (1). С. 167–170. DOI: 10.34132/mspc2025.01.06.35.
6. Rose S., Borchert O., Mitchell S., Connelly S. Zero Trust Architecture : NIST Special Publication 800-207. NIST, 2020. 59 p. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-207.
7. Маньковський Б. О., Довбняк В. О., Опірський І. Р. Дослідження можливості реалізації концепції Zero Trust в IoT-системах. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. № 4 (28). С. 73–91. DOI: 10.28925/2663-4023.2025.29.864.

Цалапов А. В.,

магістрант,

Пузирьов С. В.,

*канд. фіз.-мат наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна*

СИСТЕМА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА БАЗІ OPENCV ТА RASPBERRY PI

Системи відеоспостереження є невід'ємною частиною систем безпеки. При цьому традиційні системи відеоспостереження є досить громіздкими та потребують дорогого монтажу та тривалого налагодження. Також слід враховувати, що додаткова програмна обробка відеопотоків – це окрема стаття витрат, яку не всі компанії можуть собі дозволити [1].

В даній роботі спроектовано прототип системи відеоспостереження на базі одноплатного мінікомп'ютера Raspberry Pi та бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV, яка дозволяє детектувати рухомі та нерухомі об'єкти та надсилати повідомлення через відповідні брокери [2].

Платформа Raspberry Pi є потужним та енергоефективним інструментом для розробників вбудованих систем, що потребують обробки відеоданих у реальному часі [3]. В основі актуальних моделей (наприклад, Raspberry Pi 4 Model B) лежить мікропроцесор з ядром ARM Cortex-A72, який забезпечує достатню продуктивність для завдань комп'ютерного зору (рис. 1) [4].



Рисунок 1 – Одноплатний мінікомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Наявність до 8 GB LPDDR4 SDRAM значно пришвидшує обробку відеопотоків у високій якості. Важливою особливістю платформи є наявність таких компонентів:

- мережеві інтерфейси, що дозволяють організувати вебінтерфейс та передавати сповіщення через мережу;
- інтерфейс камери, що забезпечує пряме підключення високоякісних модулів камер;
- порти GPIO, що значно розширюють можливості інтеграції системи з іншими пристроями, наприклад, датчиками руху або сигналізацією.

RaspberryPI також підтримує повноцінні операційні системи на базі Linux, що спрощує встановлення та використання бібліотеки OpenCV. OpenCV – це ключовий програмний компонент, що надає готові алгоритми для захоплення, аналізу та детекції на зображеннях [5]. Завдяки цьому поєднанню, система може ефективно аналізувати відеопотік, не навантажуючи зовнішні сервери.

Для реалізації системи відеоспостереження розроблено програмну архітектуру, що використовує OpenCV для аналізу кадрів. Цей підхід дозволяє в реальному часі виконувати детекцію руху або об'єктів безпосередньо з відеопотоку камери [6]. Основні компоненти програмної архітектури:

- Python як основної мови програмування;
- OpenCV для аналізу відеопотоку
- вебсервер (наприклад, Flask) для побудови користувацького інтерфейсу.

Попереднє налаштування системи на RaspberryPI потребує запуску вебсерверу для трансляції відеопотоку та взаємодії з користувачем через вебінтерфейс. Алгоритм роботи системи системи дозволяє (рис. 2):

- захоплювати відеопотік з камери у реальному часі;
- застосовувати алгоритми OpenCV для детекції руху [7];
- генерувати та зберігати події на локальний носій SD-карту або мережевий диск [8].

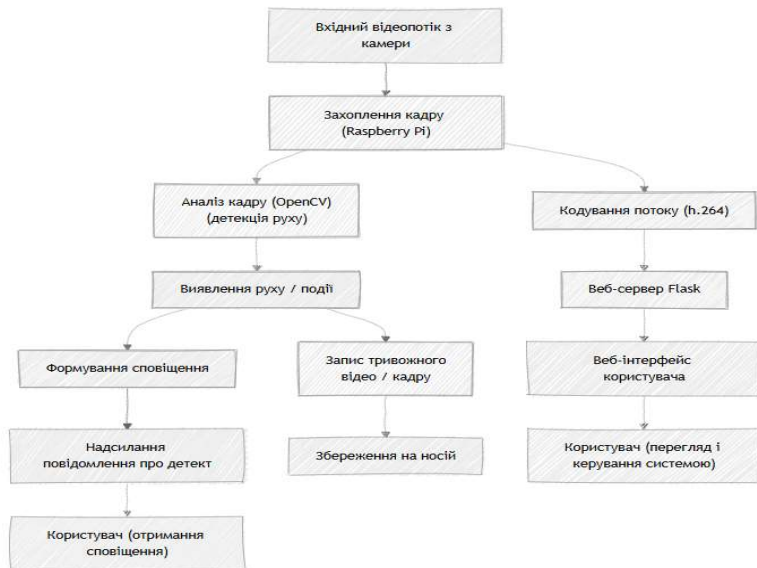


Рисунок 2 – Загальна схема системи відеоспостереження

Кадри з відеопотоку обробляються безпосередньо на пристрої. Мікропроцесор Raspberry Pi має достатню обчислювальну потужність для одночасного виконання алгоритмів детекції руху та трансляції відео [4]. Після виявлення руху система може активувати запис або надсилати сповіщення [6]. Через вебінтерфейс можна безпосередньо спостерігати зафіксовані події або поточну трансляцію відеопотоку з автодетекцією об'єктів.

Реалізація системи відеоспостереження на базі OpenCV та Raspberry Pi є перспективним рішенням для створення доступних, «розумних» та енергоефективних систем безпеки [1]. Використання вебінтерфейсу для моніторингу та мережевих можливостей для сповіщення робить платформу зручною для використання в приватних будинках, офісах та невеликих комерційних проектах [3].

Список використаних джерел

1. Ijaradar J., Xu J. A Cost-efficient real-time security surveillance system based on facial recognition using Raspberry Pi and OpenCV. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2022. Vol. 41, no. 5. P. 1–12. DOI: 10.9734/cjast/2022/v41i531665.
2. Rakesh V., Chilukuri P., Vaishnavi P., Sreekaran P., Sujala P., Yadav D. R. K. Real time object recognition using OpenCV and Numpy in Python. *2023 International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application (ICIDCA)*. 2023. DOI: 10.1109/ICIDCA56705.2023.10099584.
3. Silalahi L. M., Simanjuntak I. U. V., Silaban F. A., Budiyo S., Ikhsan M. Integration of OpenCV Raspberry Pi 3b+ and camera sensor in access control of vehicle ignition key system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 909, no. 1. Art. ID: 012002. DOI: 10.1088/1757-899X/909/1/012002.
4. Diachok R., Tepliakov I., Lapko M., Popov A. Efficiency and accuracy: comparison of PIR, OpenCV with a webcam, and Raspberry Pi. *Advances in Cyber-Physical Systems*. 2025. Vol. 10, no. 1. P. 77–82. DOI: 10.23939/acps2025.01.077.
5. Howse J., Minichino J. Learning OpenCV 4 computer vision with Python 3. 3rd ed. Packt Publishing, 2020. 756 p.
6. Hirzan A. M., Adhiwibowo W., Gunata K. P. Blockchain-based motion detection in Smart Home with OpenCV and Raspberry PI. *Journal of Advanced Computing Technology and Application (JACTA)*. 2022. Vol. 4, no. 1. DOI: 10.54554/jacta.2022.04.01.004.
7. Parveen S., Shah J. A motion detection system in Python and OpenCV. *2021 Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV)*. 2021. DOI: 10.1109/ICICV50876.2021.9388404.
8. Aryani D., Dewi K., Ta'by F., Sanggaria E. P. Real-time ball detection and tracking using Raspberry Pi. *INTEK: Jurnal Penelitian*. 2023. Vol. 10, no. 1. P. 48–54. DOI: 10.31963/intek.v10i1.4301.

*Дарнапук Є. С.,
PhD, доцент (б. в. з.) кафедри комп'ютерної інженерії,
Чередниченко Д. О.,
бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ІОТ-СИСТЕМА ЗБОРУ ТА АНАЛІЗУ БІОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ СТРЕСУ

Стрес є природною реакцією організму на зміни середовища, проте його хронічні форми можуть призводити до порушень функціонування нервової, серцево-судинної та ендокринної систем, а також до зниження когнітивної продуктивності та якості життя людини. Проблема виявлення стресових станів має міждисциплінарний характер, поєднуючи психологічні, медичні та інженерні аспекти.

Традиційні методи оцінки рівня стресу (анкетування, опитувальники, лабораторні дослідження) мають обмежену об'єктивність і не забезпечують можливості постійного моніторингу у реальному часі. Нові можливості відкривають технології Інтернету речей (англ. Internet of Things, IoT), що дозволяють збирати та передавати біометричні сигнали через сенсорні пристрої, мікроконтролери та аналітичні модулі.

Метою роботи є створення інтелектуальної ІоТ-системи збору та аналізу біометричних даних для автоматизованої оцінки рівня стресу користувача, здатної функціонувати у реальному часі. Основна ідея полягає у поєднанні фізіологічних вимірювань, цифрової обробки сигналів та алгоритмів аналітичного оцінювання.

Запропонований підхід ґрунтується на інтеграції фізіологічних маркерів автономної нервової системи – частоти серцевих скорочень (HR), варіабельності серцевого ритму (HRV), шкірно-гальванічної реакції (GSR) та температури шкіри. Дані параметри є найбільш інформативними для оцінювання психоемоційного стану людини [1].

Розвиток напрямів Internet of Medical Things (IoMT) і сенсорних технологій дозволив створювати портативні пристрої для автономного моніторингу здоров'я. Сучасні мікроконтролери, зокрема ESP32 (рис. 1), забезпечують достатню обчислювальну потужність і енергоефективність для реалізації систем збору, аналізу та передавання даних без потреби у дорогих серверних ресурсах [4; 5].



Рисунок 1 – Плата розробника ESP32-C6-Zero Mini

Передавання даних здійснюється через протоколи MQTT або HTTP з метою їх подальшої обробки та аналізу. Отримані біометричні показники опрацьовуються локально – виконуються процедури фільтрації, нормалізації та статистичної оцінки сигналів. Такий підхід виключає потребу у збереженні даних на сервері, забезпечуючи автономність, гнучкість та конфіденційність роботи системи.

Таблиця 1

Апаратні компоненти та їх функціональне призначення у системі оцінки рівня стресу

№ з/п	Компонент	Основна функція	Технічні характеристики	Програм на підтримк а
1	ESP32 DevKit V1	Центральний вузол збору та обробки даних	CPU 240 МГц, Wi-Fi/Bluetooth, 520 КБ SRAM	Arduino IDE, ESP-IDF
2	GSR-сенсор	Вимірювання електропровідності шкіри	Діапазон 0–5 В, час реакції < 1 с	Аналоговий вхід A0
3	PPG-сенсор MAX30102	Визначення HR і HRV	ІЧ/червоне випромінювання, точність ± 2 bpm	Adafruit MAX3010x
4	DS18B20	Вимірювання температури шкіри	Точність ± 0.5 °C	1-Wire
5	OLED-дисплей 0.96"	Візуалізація показників у реальному часі	128×64 px, I2C	U8g2 library

Алгоритм обробки біометричних даних передбачає поетапну структуру: фільтрацію шумів, синхронізацію каналів і розрахунок

показників HRV. Для аналізу варіабельності серцевого ритму використовуються часові параметри (SDNN, RMSSD) та частотні компоненти, що відображають співвідношення активності симпатичного і парасимпатичного відділів нервової системи.

Дані з GSR-сенсора піддаються згладжуванню методом ковзного усереднення для оцінки швидкості зміни провідності шкіри, що зростає під час емоційного збудження. На основі інтегрованого аналізу HRV, HR та GSR формується комплексний показник рівня стресу користувача.

Програмна реалізація передбачає використання Python з бібліотеками NumPy, SciPy та Matplotlib. Модуль програмного забезпечення отримує дані з периферійного пристрою через MQTT-з'єднання, виконує обробку в режимі реального часу та відображає поточний стан користувача.

Дана IoT-система забезпечує безперервний збір, обробку та аналітичну оцінку біометричних показників у реальному часі. Інтеграція сенсорів, ESP32 і методів цифрової обробки сигналів створює компактну, енергоефективну та технологічно доступну платформу [4]. Поєднання аналізу HR, HRV, GSR і температури шкіри дає змогу досягти високої точності оцінювання рівня стресу – понад 85 %, що відповідає сучасним вимогам до систем психофізіологічного моніторингу. Комплексний підхід підвищує надійність результатів і дозволяє своєчасно виявляти ознаки емоційного перенапруження.

Наукова новизна полягає у створенні інтегрованої IoT-платформи, яка поєднує збір, попередню фільтрацію, статистичну обробку та інтелектуальний аналіз біометричних даних у межах єдиної системи. Практичне значення розробки полягає у можливості її застосування у сфері психологічного консультування, профілактичної медицини, спорту, освіти й корпоративного управління.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з інтеграцією методів машинного навчання для підвищення адаптивності алгоритмів, розширенням набору сенсорів (акселерометр, датчик сатурації, тонометричний модуль) і дослідженням етичних аспектів збереження й обробки біометричних даних [2; 3].

Розроблена IoT-система демонструє поєднання сучасних інженерних рішень і психофізіологічних принципів, відкриваючи нові можливості для неінвазивного моніторингу психоемоційного стану людини. Її впровадження сприятиме розвитку напрямів цифрової медицини, підвищенню якості життя користувачів та розширенню інструментарію прикладної психології у сфері профілактики стресу.

Список використаних джерел

1. Al-Atawi A. A., Alyahyan S., Alatawi M. N., Sadad T., Manzoor T., Muhammad Farooq-i-Azam M., Zeashan Hameed Khan Z. H. Stress monitoring using machine learning, IoT and wearable sensors. *Sensors*. 2023. Vol. 23, no. 21. P. 8875. DOI: 10.3390/s23218875.
2. Hendryani A., Gunawan D., Rizkinia M., Nur Hidayati R., Hermawan F. Y. Real-time stress detection and monitoring system using IoT-based physiological signals. *Bull. Elect. Eng. Inform.* 2023. Vol. 12, no. 5. P. 2807–2815. DOI: 10.11591/eei.v12i5.5132.
3. Talaat F. M., El-Balka R. M. Stress monitoring using wearable sensors: IoT techniques in medical field. *Neural Computing and Applications*. 2023. DOI: 10.1007/s00521-023-08681-z.
4. Messaoud I. B., Thamsuwan O. Heart rate variability-based stress detection and fall risk monitoring during daily activities: A machine learning approach. *Computers*. 2025. Vol. 14, no. 2. P. 45. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers14020045>.
5. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. Version 4.3. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> (Last accessed: 12.10.2025).
6. Nechyporenko A., Frohme M., Strelchuk Y., Omelchenko V., Gargin V., Ishchenko L., Alekseeva V. Galvanic skin response and photoplethysmography for stress recognition using machine learning and wearable sensors. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, no. 24. P. 11997. DOI: 10.3390/app142411997.

СХРЕЩУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Розвиток штучного інтелекту (ШІ) досягнув етапу, коли традиційні методи навчання моделей поступово поступаються місцем новим підходам – таким як model merging (ММ), або «схрещування моделей». Цей підхід передбачає комбінування параметрів двох чи більше нейронних мереж для формування нової моделі, яка успадковує переваги своїх «батьків» [1]. На відміну від класичного ансамблю, де результати комбінуються після інференсу, модельний мерджинг відбувається на рівні ваг, створюючи нову архітектуру без повторного навчання.

Основною ідеєю є формування спільного латентного простору між моделями, що дає змогу отримати гібридну систему з покращеною узагальнювальною здатністю та стійкістю до перенавчання. Останні дослідження показують, що методи, засновані на еволюційному пошуку параметрів злиття, дозволяють створювати моделі, які демонструють продуктивність, порівняну або вищу за вихідні [2].

Основною технічною проблемою є оптимізація обчислювальних ресурсів, оскільки ВММ вимагають значних потужностей для навчання та розгортання, особливо на мобільних пристроях. Навчання таких моделей потребує не лише великих обчислювальних ресурсів, але й суттєвих витрат енергії, що робить їх застосування обмеженим у контексті мобільних і вбудованих систем. Забезпечення стабільної роботи на таких пристроях вимагає ретельної оптимізації алгоритмів, включаючи використання ефективних методів обчислень і зменшення складності моделі [3]. Етичні аспекти включають конфіденційність та безпеку даних, оскільки ВММ можуть обробляти великі обсяги особистої інформації. Відсутність чітких механізмів забезпечення конфіденційності може призвести до витоку або неправильного використання даних. Одним із рішень є локальна обробка запитів на пристроях користувачів, що знижує ризик передачі даних на віддалені сервери. Однак, це також вимагає додаткової оптимізації моделей для

роботи в умовах обмежених ресурсів, що є технічно складним завданням.

Технічно суть процесу полягає у вирівнюванні вагових просторів двох нейронних мереж та подальшому оптимальному усередненні параметрів з урахуванням кореляцій між шарами. Додатково застосовуються методи оптимального транспорту, які мінімізують різницю між представленнями нейронів обох моделей. Це дає змогу уникнути руйнівної інтерференції та зберегти структурну цілісність знань.

На рис. 1 подано архітектуру MergeME, засновану на концепції Mixture of Experts (MoE). Вона демонструє, як система об'єднує декілька моделей-експертів різної структури (гетерогенних), кожна з яких відповідає за окремий аспект обробки даних.

Вхідні токени проходять через шар вбудовування (Embedding Layer), після чого роутер (Router) динамічно розподіляє їх між двома потоками експертів залежно від контексту чи типу даних.

Кожен експерт має власну кількість декодерних шарів (Decoder Layer $n_1 \dots n_4$), що забезпечує структурну різноманітність системи. На виході результати об'єднуються через вагові коефіцієнти (weights 0.8 / 0.2), формуючи спільний результат у головному шарі (LM Head).

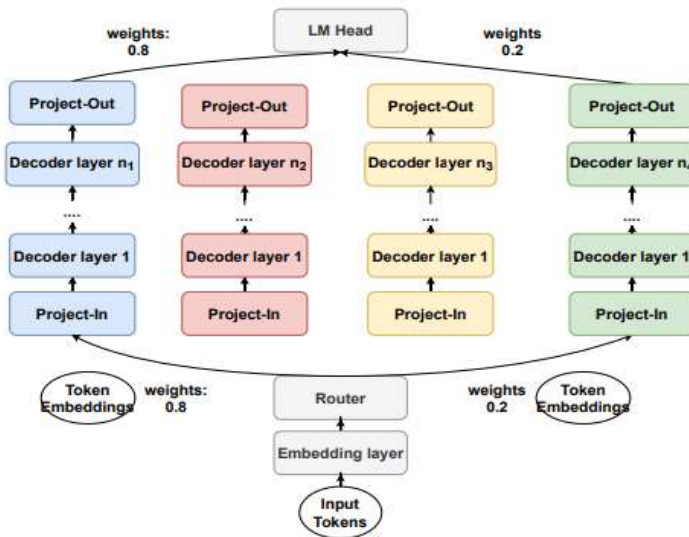


Рисунок 1 – Узагальнена схема архітектури МоЕ для гетерогенних експертів

Практичне значення таких підходів полягає у можливості поєднання моделей різної спеціалізації (наприклад, мовної та візуальної) у єдину систему без повного перенавчання. Такий підхід відкриває перспективи створення мультимодальних інтелектуальних агентів, здатних до інтегрованої обробки тексту, зображень і звуку. Особливої уваги заслуговують експерименти зі «схрещування» великих мовних моделей (LLM), де шляхом контрольованого злиття параметрів вдається формувати «гібридні» моделі з кращою контекстною узгодженістю.

Основними викликами залишаються несумісність архітектур, ризик втрати навичок під час інтерполяції ваг та необхідність стандартизації метрик сумісності моделей. У перспективі ці проблеми можуть бути вирішені через введення єдиного формату «мердж-карти» (merge map), що описує відповідність між шарами різних моделей [4].

Таким чином, схрещування моделей є перспективним напрямом розвитку ШІ, який поєднує глибокі нейронні технології, еволюційні методи оптимізації та концепції самоадаптивних систем. Надалі це може стати основою для побудови автономних гібридних інтелектуальних архітектур, здатних до самооновлення без традиційного процесу навчання.

Список використаних джерел

1. Zhou Y., Chen X., Zhang L., Liu J. MergeME: Model merging techniques for homogeneous and heterogeneous MoEs : arXiv preprint. Feb. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2502.00997.
2. Wei J., Xu K., Zhao M., Chen Y. Unifying multimodal large language model capabilities and modalities via model merging : arXiv preprint. May 2025. 19 p. DOI: 10.48550/arXiv.2505.19892.
3. Akiba T., Shing M., Tang Yu., Sun Q., Ha D. Evolutionary optimization of model merging recipes. *Nature Machine Intelligence*. 2025. Vol. 7. P. 195–204. DOI: 10.1038/s42256-024-00975-8.
4. Bekhelifi O., Nasr-Eddine B. On optimizing deep neural networks inference on CPUs for brain-computer interfaces using inference engines. *2024 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, Singapore, 2024. P. 1–5. DOI: 10.1109/ISCAS58744.2024.10558617.

Чуйко Г. П.

*д-р фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри комп. інженерії
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ КВАНТОВОЇ КРИТИЧНОСТІ В ШУМОВОМУ КАНАЛІ З ПЕРЕВЕРТАННЯМ ФАЗИ В РАМКАХ СИМВОЛІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ФОРМАЛІЗМУ КРАУСА

За останнє десятиліття квантові обчислення еволюціонували з вузької дослідницької теми у швидко зростаючу наукову галузь, що підтримується новими журналами, технічними ініціативами та спеціалізованими академічними програмами у всьому світі [1–2] і, зокрема, в Україні [3–4]. Це зростання посилює потребу у точних і надійних інструментах для моделювання квантового шуму, особливо в режимах, коли системи наближаються до критичних точок і стають нестійкими. Розробка та порівняння таких метрик є необхідними для вдосконалення квантових симуляцій і підвищення ефективності стратегій виправлення помилок.

Чутливість квантових метрик, які оцінюють якість квантових станів у процесі квантових обчислень, особливо поблизу критичних спектральних точок, викликає все більший науковий інтерес. Це особливо актуально для квантових сенсорів і діагностики шуму. Багато досліджень зосереджено на поведінці показників, що базуються на геометричних властивостях або ентропії в системах, які зазнають квантових фазових переходів. Зокрема, використовуються підходи, засновані на квантовій інформації Фішера (QFI) [5] і на принципах точності.

Автори роботи [5] запропонували динамічну концепцію сенсорики на основі квантової критичності, ввівши дивергентне масштабування квантової інформації Фішера (QFI) поблизу критичних точок без необхідності підготовки основного стану. Аналогічно, у [6] було застосовано метод скінченного розміру до QFI у спінових системах, що підтвердило її чутливість до температури в околі квантової критичності. Цей аналіз було розширено на випадок багатопараметричного оцінювання, де виявлено компроміс між стійкістю та чутливістю [7]. Водночас помітним недоліком QFI є відносна складність її обчислення.

QFI та пов'язані з нею геометричні показники продемонстрували потенціал у квантовій сенсорикі, особливо в умовах критичності. Проте

більшість релевантних робіт досі зосереджуються на окремих, більш традиційних метриках або конкретних моделях, часто ігноруючи порівняльний аналіз набору показників. Тим часом виникають обґрунтовані сумніви щодо таких популярних метрик, як фіделітет або відстань за слідом, які широко використовуються у квантовій діагностиці. Ці показники виявили обмежену чутливість поблизу критичних точок, що було доведено в [8] і підтверджено в [9].

Класичні комп'ютери зазнають одного, добре відомого типу помилки – інверсії біта між 0 та 1.

Квантові ж комп'ютери демонструють набагато ширший і складніший спектр так званих каналів шуму, спричинених неминучою взаємодією кубітів із навколишнім середовищем. Цю різноманітність можна назвати «розмаїттям каналів шуму».

Вибір каналу фазової інверсії мотивується двома головними аргументами:

1) практична значущість щодо провідних платформ:

Фазовий шум є серйозною загрозою когерентності у трьох основних технологіях квантових обчислень:

- надпровідникові кубіти (transmon, flux, phase-based), які використовуються компаніями IBM, Google, Rigetti, Alibaba, Intel, – надзвичайно чутливі до цього типу шуму.

- іонні пастки, які застосовують IonQ, Alpine Quantum Technologies і Honeywell, зазнають фазових помилок через електромагнітні флуктуації та дрейф фази лазера.

- фотонні кубіти, які розробляють PsiQuantum та Xanadu, зазнають фазової нестабільності через біпрефракцію та інтерферометричний дрейф.

У всіх цих типах кубітів стабільність фази є ключем до надійного квантового керування, тому канал фазового шуму є цінною моделлю для аналізу;

2) аналітичні та діагностичні переваги.

Аналітична зручність. Канал фазового зсуву має просту алгебраїчну форму, якщо використовувати набір операторів Крауса $E_0 = \sqrt{1-p} \times I_2$; $E_1 = \sqrt{p} \times Z$, де I_2 – одинична матриця другого порядку, Z – матриця Паулі, а $p \in [0; 1]$. Такий компактний набір дозволяє символічно моделювати еволюцію матриці густини під дією фазового шуму достатньо просто.

Діагностична прозорість. Канал фазового зсуву ізолює саме фазові помилки, не змішуючи їх з амплітудними втратами чи випадковими станами. Це робить його особливо придатним для метричних діагностик, зокрема поблизу квантових критичних точок.

Крім того, розроблена модель призначена для одного кубіта, однак її можна легко узагальнити на багатокубітні системи та інші канали шуму.

Символічне моделювання було виконано в Maple 2024 – загальновідомій математичній комп’ютерній системі, що дає змогу аналізувати квантові стани в умовах шуму та забезпечує відмінні засоби візуалізації. Початковий чистий квантовий стан було визначено через його вектор Блоха.

$$|\psi\rangle = (\cos(\theta/2) \sin(\theta/2) \times \exp(-i \times \varphi)), \quad (1)$$

де θ та φ позначають, відповідно, полярний та азимутальний кути. Якщо не зазначено інше, то $\varphi = 0$ встановлюється лише для візуалізації позадіагональної карти на рис. 1 (еквівалентно, ми відображаємо p'_{12}). Усі величини, що ґрунтуються на власних значеннях, на рис. 2 є незалежними від φ . Відповідна матриця густини була отримана як діадачний добуток кет- і бра-векторів (2).

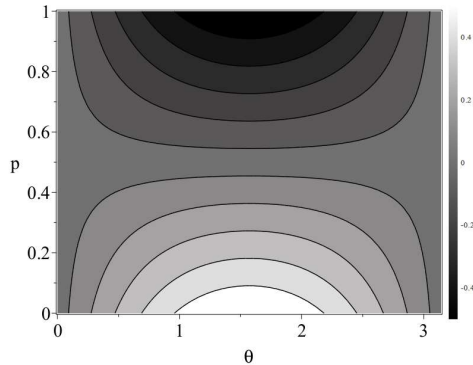


Рисунок 1 – Контурна карта у відтінках сірого, що відображає позадіагональний елемент (11) під дією каналу фазового шуму (phase flip)

$$\rho = |\psi\rangle\langle\psi|; \quad \rho = \left(\frac{\theta}{2} \frac{\sin\sin\theta}{2} e^{+i\varphi} \frac{\sin\sin\theta}{2} e^{-i\varphi} \frac{\theta}{2} \right).$$

Матриця густини в умовах шуму (за наявності шуму) моделювалася як сума діадачних складових відповідно до формалізму Крауса:

$$\rho_p = \sum_i E_i \rho E_i^\dagger,$$

де сума береться за набором операторів Крауса, а індекс i нумерує оператори в цьому наборі ($i = 0; 1$ для каналу фазового шуму).

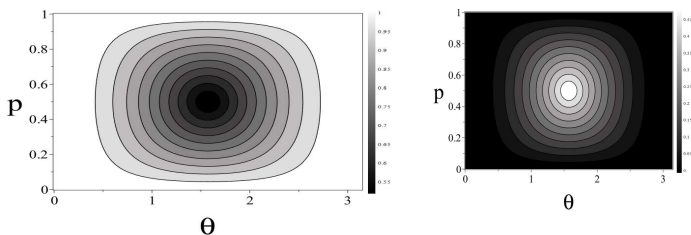


Рисунок 2 – Карти власних значень матриці густини в умовах шуму

Крім того, можна проаналізувати аналітичні вирази для елементів матриці як функції параметра шуму Крауса та полярного кута, які природно вбудовані в еволюцію матриці густини.

Список використаних джерел

1. Iavich M., Kuchukhidze T., Iashvili G. Gnatyuk S. Hybrid quantum random number generator for cryptographic algorithms. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2021. No. 4. P. 103–118. DOI: 10.32620/reks.2021.4.09.
2. IEEE Quantum Technical Community, 2025. URL: <https://quantum.ieee.org/> (Last accessed: 19.07.2025).
3. Quantum Research Center (QRC). Kyiv Academic University, 2025. URL: <https://kau.org.ua/en/science/qmtech> (Last accessed: 19.07.2025).
4. SoftServe and LNU Launch the First Bachelor's Degree Program in Quantum Programming in Ukraine. 2021. URL: <https://itcluster.lviv.ua/en/softserve-and-lnu-launch-the-first-bachelors-degree-program-in-quantum-programming-in-ukraine/> (Last accessed: 12.08.2025).
5. Chu Y., Zhang S., Yu B., Cai J. Dynamic framework for criticality-enhanced quantum sensing. *Physical Review Letters*. 2021. Vol. 126, no. 7. Art. ID: 010502. DOI: 10.1103/PhysRevLett.126.010502.
6. Aybar E., Niezgoda A., Mirkhalaf S. S., Mitchell M. W., Orenes D. B., Witkowska E. Critical quantum thermometry and its feasibility in spin systems. *Quantum*. 2022. Vol. 6. P. 808. DOI: 10.22331/q-2022-09-19-808.
7. Mihailescu G., Campbell S., Gietka K. Uncertain quantum critical metrology: From single- to multiparameter sensing. *Physical Review A*. 2025. Vol. 111, no. 5. Art. ID: 052621. DOI: 10.1103/PhysRevA.111.052621.
8. Garbe L., Bina M., Keller A., Felicetti S. Critical quantum metrology with a finite-component quantum phase transition. *Physical Review Letters*. 2020. Vol. 124, no. 12. P. 120504. DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.120504.

9. Ostermann L., Gietka K. Temperature-enhanced critical quantum metrology. *Physical Re-view A*. 2024. Vol. 109, no. 5. Art. ID: L050601. DOI: 10.1103/PhysRevA.109.L050601.

УДК 004.75:004.932:004.421.2:61

*Дарнапук Є. С.,
PhD, доцент (б. в. з.) кафедри комп'ютерної інженерії,
Шевченко В. В.,
бакалаврант кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ОБМІНУ DICOM- ЗОБРАЖЕННЯМИ З БЕЗВТРАТНИМ СТИСКАННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ОДНОПЛАТНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

У сучасній медицині цифрові технології відіграють ключову роль у процесах діагностики, архівування та передавання візуальних даних. Щоденно у клінічних центрах генерується значна кількість діагностичних зображень, представлених у форматі DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [1; 2], який є міжнародним стандартом обміну медичною візуальною інформацією. Проте великі обсяги таких даних створюють навантаження на інформаційні мережі та знижують швидкість доступу до архівів.

Розв'язання цієї проблеми можливе шляхом створення розподіленої системи обміну DICOM-зображеннями, здатної здійснювати безвтратне стискання у процесі передавання [2–3]. Подібні системи мають забезпечувати високу швидкодію, збереження якості діагностично значущих даних та відповідність медичним стандартам сумісності (DICOM, HL7, PACS).

У рамках даного дослідження розроблено концепцію такої системи з використанням одноплатних комп'ютерів, що виконують роль автономних вузлів локальної обробки даних. Як апаратну основу обрано Raspberry Pi 4 (рис. 1) [4], оскільки вона поєднує компактні розміри, енергоефективність і достатню обчислювальну потужність для реалізації програмних алгоритмів стискання без втрат у режимі реального часу.



Рисунок 1 – Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM

Метою роботи є створення прототипу розподіленої системи обміну DICOM-зображеннями, у якій реалізовано механізм безвтратного стиснення та передавання даних між вузлами мережі з використанням стандартних DICOM-протоколів. У дослідженні здійснено аналіз сучасних алгоритмів стиснення та визначено ефективність застосування адаптивного предикторного підходу CBPC2 (Classification and Blending Predictor Coder 2), який поєднує методи класифікації пікселів і статистичного моделювання для зменшення надлишкової інформації у медичних зображеннях.

Запропоноване рішення орієнтоване на малі та середні медичні установи, які потребують швидкого та економного обміну даними без залучення дорогих серверних ресурсів. Використання Raspberry Pi 4 як вузлів системи дозволяє побудувати масштабовану розподілену інфраструктуру, де кожен вузол одночасно виконує функції стиснення, передавання й локального кешування даних.

Алгоритм CBPC2 (Classification and Blending Predictor Coder 2) ґрунтується на комбінуванні кількох методів прогнозування значень пікселів та статистичному аналізі похибки передбачення. Його суть полягає в тому, що кожен піксель зображення класифікується за локальним контекстом – гладкі області, текстурні або контрастні ділянки – після чого для кожного класу підбирається оптимальний предиктор. Отримана похибка між реальним та передбаченим значенням не зберігається у звичайному вигляді, а додатково кодується методом Golomb-Rice, що дозволяє зменшити надлишкову інформацію і забезпечує високу швидкість декодування.

Запропонована розподілена система використовує одноплатні комп'ютери Raspberry Pi 4 як мікросервери, які виконують безвтратне стиснення DICOM-зображень і передають їх до центрального сервера PACS Orthanc [3; 5]. Кожен вузол оснащений програмним модулем REST API, що відповідає за обмін DICOM-метаданими та забезпечує захищений зв'язок через протокол TLS. Такий підхід дає змогу масштабувати систему горизонтально – шляхом додавання нових вузлів Raspberry Pi без необхідності змінювати архітектуру або оновлювати центральний сервер.

У табл. 1 наведено структуру розробленої системи обміну DICOM-зображеннями, основні функції її компонентів та приклади реалізації програмних модулів.

Таблиця 1

Архітектура розподіленої системи обміну DICOM-зображеннями

Компонент	Функція	Приклад реалізації
Raspberry Pi 4 (вузол)	Стиснення СВРС2, локальне збереження	Python + OpenCV + NumPy
PACS Orthanc	Централізоване сховище DICOM-даних	Orthanc Server 1.12
API-шлюз	Авторизація, журналювання, шифрування	Flask / FastAPI
Мережевий канал	Безпечна передача TLS 1.3 / VPN	Ethernet 1 Gbit/s
Клієнт-візуалізатор	Пошук, анонімізація, перегляд	Web DICOM Viewer

Завдяки модульності архітектури кожен вузол Raspberry Pi 4 може функціонувати автономно, виконуючи стиснення та передавання даних без потреби у високопродуктивному серверному обладнанні. Така структура робить систему придатною для використання в умовах обмежених ресурсів – у сільських лікарнях, мобільних діагностичних комплексах або навчальних медичних лабораторіях. Передавання даних між вузлами здійснюється через захищені канали, а на рівні PACS реалізовано контроль контрольних сум для перевірки цілісності медичних файлів.

Для оцінювання ефективності розробленої системи проведено експериментальні дослідження на реальних наборах медичних зображень (CT, MRI, X-ray), що відрізняються за роздільною здатністю, контрастністю та рівнем шуму. Кожен набір оброблявся у середовищі Raspberry Pi 4 Model B (8 GB RAM, CPU 1.5 GHz) із використанням операційної системи Raspberry Pi OS (64-bit). У табл. 2 подано результати порівняння ефективності стиснення зображень алгоритмом СВРС2 у порівнянні з традиційним методом ZIP.

Таблиця 2

Порівняння результатів стиснення СВРС2 та ZIP

Тип зображення	Початковий розмір, Мбайт	Розмір після ZIP, Мбайт	Розмір після СВРС 2, Мбайт	Коефіцієнт стиснення	Економія, %
CT (512×512×300)	148.2	73.1	60.5	2.45	18.6
MRI (256×256×200)	88.7	44.9	36.2	2.45	19.4
X-ray (2048×2048)	24.1	12.3	9.8	2.46	20.3

Отримані результати показали, що алгоритм СВРС2 забезпечує в середньому на 18–22 % кращий коефіцієнт стиснення, ніж ZIP, при цьому не спотворюючи діагностично важливі деталі зображення. Час обробки одного зображення розміром 2048 × 2048 пікселів становив близько 80 мс, що дозволяє використовувати систему у режимі майже реального часу.

Система продемонструвала стабільну роботу навіть при передаванні великих обсягів даних у межах локальної мережі зі швидкістю 1 Гбіт/с. Затримка при передаванні серії DICOM-зображень не перевищувала 0,3 с, а використання TLS 1.3 забезпечило повну захищеність каналу зв'язку.

Запропонована розподілена система обміну DICOM-зображеннями з безвартатним стисканням на основі Raspberry Pi 4 забезпечує високу ефективність передавання медичних даних при мінімальних витратах апаратних ресурсів. Реалізований алгоритм СВРС2 дозволяє суттєво

зменшити обсяг інформації без втрати якості та може бути інтегрований у клінічні PACS-системи або телемедичні сервіси. Подальші дослідження планується спрямувати на оптимізацію паралельної обробки та використання кластерів з кількох Raspberry Pi для підвищення пропускну здатності системи.

Список використаних джерел

1. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Standard PS3.1–PS3.20. *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*. 2023. URL: <https://developer.digitalhealth.gov.au/standards/organisation/digital-imaging-and-communications-in-medicine-dicom> (Last accessed: 01.10.2025).
2. Kang D., Kim H. A distributed DICOM image exchange system with lossless compression using single-board computers. *Applied Sciences*, 2023. Vol. 13, Is. 10. Art. ID: 6075. MDPI. DOI: 10.3390/app13106075.
3. Orthanc Team. Orthanc: Lightweight, RESTful DICOM Server. Version 1.12. 2024. URL: <https://www.orthanc-server.com> (Last accessed: 01.10.2025).
4. Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi 4 Model B Technical Specifications. URL: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b> (Last accessed: 01.10.2025).
5. Weinberger M. J., Seroussi G. The LOCO-I lossless image compression algorithm: Principles and standardization into JPEG-LS. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2000. Vol. 9, No. 8. P. 1309–1324. DOI: 10.1109/83.855427.

ПРОБЛЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

У сучасному світі технології штучного інтелекту (ШІ) розвиваються надзвичайно швидкими темпами, і одним із найважливіших їх напрямів є комп'ютерне бачення (computer vision). Це галузь, що дає змогу комп'ютерам «бачити», розпізнавати й аналізувати навколишній світ за допомогою зображень та відео. Завдяки нейронним мережам комп'ютерне бачення досягло неймовірного рівня – сьогодні воно застосовується в медицині для діагностики хвороб, у транспорті для роботи автономних автомобілів, у сфері безпеки, промисловості, роздрібній торгівлі та навіть у повсякденному житті користувачів. Проте, попри успіхи, ця технологія залишається недосконалою.



Рисунок 1 – Приклад роботи нейромоделі YOLOv8

Комп'ютерне бачення на основі нейронних мереж стикається з низкою наукових, технічних та етичних проблем, що обмежують його

точність, надійність і безпечне використання. У сучасних умовах, коли системи зору впливають на критично важливі рішення, наприклад, у медицині чи транспорті питання їхньої якості та відповідальності стає надзвичайно актуальним.

Однією з головних проблем є залежність нейронних мереж від великих обсягів якісних даних. Для навчання таких систем потрібні мільйони розмічених зображень, де кожен об'єкт підписаний вручну. Брак або однобічність даних призводить до схиблень (bias) коли модель працює добре лише з певними типами зображень, але помиляється на інших. Наприклад, система розпізнавання обличчя може гірше розпізнавати людей певної етнічної групи через нерівномірність у навчальних даних.

Багато моделей демонструють високі результати на тестових наборах, але втрачають ефективність у реальних умовах. Нейромережі часто запам'ятовують приклади замість того, щоб узагальнювати закономірності. Зміна освітлення, кута зйомки або шум на зображенні може суттєво вплинути на точність розпізнавання. Це особливо небезпечно в системах автономного керування транспортом чи відеоспостереження, де навіть невелика помилка може мати серйозні наслідки.

Ще однією важливою проблемою є інтерпретованість нейронних мереж. Більшість моделей функціонує як "чорна скринька": складно зрозуміти, чому алгоритм прийняв певне рішення. Це знижує довіру до результатів і ускладнює виявлення помилок, особливо коли мова йде про критичні сфери медичну діагностику, безпеку чи судові процеси.

Дослідження показали, що нейронні мережі можуть бути дуже вразливими до зовнішніх впливів. Навіть мінімальна зміна вхідного зображення (наприклад, кілька пікселів) може повністю змінити результат розпізнавання. Такі цілеспрямовані спотворення, відомі як adversarial attacks, становлять серйозну загрозу для систем безпеки та автономних транспортних засобів.

Навчання сучасних моделей потребує колосальних ресурсів тисячі годин обчислень і величезної кількості енергії. Це не лише збільшує вартість розробки, а й створює екологічні проблеми, пов'язані зі споживанням електроенергії. Крім того, це робить технології недоступними для малих компаній або університетів з обмеженими ресурсами.

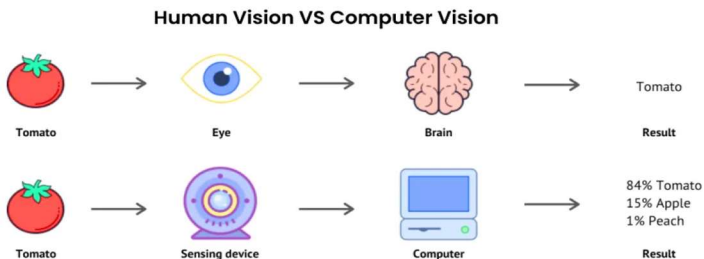


Рисунок 2 – Порівняння людського зору та комп’ютерного зору

Використання комп’ютерного зору у системах спостереження, розпізнавання облич і контролю викликає багато етичних дискусій. Порушення конфіденційності, можливість масового стеження, помилкові арешти через неправильне розпізнавання це лише частина ризиків. Крім того, при відсутності належного контролю такі системи можуть дискримінувати певні соціальні або етнічні групи. Попри перелічені труднощі, наукова спільнота активно шукає шляхи їхнього подолання.

Велику перспективу мають методи навчання з малим числом прикладів (few-shot learning) та самонавчання (self-supervised learning). Вони дозволяють зменшити залежність від великих розмічених наборів даних і підвищити гнучкість моделей. Сьогодні активно розвиваються технології генеративного моделювання (наприклад, GAN або diffusion models), що дозволяють створювати штучні, але реалістичні зображення для тренування нейронних мереж. Це допомагає компенсувати нестачу реальних даних і зменшує вартість розробки. Розробляються нові методи пояснення рішень нейронних мереж візуалізація карт активації, теплові мапи, аналіз важливості ознак. Це сприяє підвищенню довіри до систем і спрощує аудит їхньої роботи. Поєднання класичних згорткових нейронних мереж (CNN) з архітектурами Transformer (наприклад, Vision Transformer, або ViT) відкриває нові можливості для підвищення точності, стабільності та здатності до узагальнення. Необхідно створювати нормативні та етичні стандарти використання комп’ютерного зору особливо у сферах, пов’язаних із персональними даними. Важливо забезпечити прозорість, контроль і відповідальність при впровадженні таких технологій.

Таким чином, проблеми комп’ютерного зору на основі нейронних мереж є комплексними та багаторівневими. Вони охоплюють як технічні аспекти якості даних, архітектуру моделей, обчислювальні ресурси так і етичні виклики, пов’язані з безпекою, конфіденційністю

та суспільною довірою. Подолання цих труднощів можливе лише через поєднання наукового прогресу, міждисциплінарної співпраці та етичної відповідальності. Тільки тоді комп'ютерне бачення стане не просто інструментом автоматизації, а надійною, справедливою та гуманною технологією, що служитиме на благо людині.

Список використаних джерел

1. Zhang Y., Wang X., Li P. Computation-efficient deep learning for computer vision: A survey. arXiv preprint arXiv:2308.13998. 2023. P. 15–28. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.13998> (Last accessed: 16.10.2025).
2. Zhao L., Kim J., Torres R. A review of convolutional neural networks in computer vision. *Artificial Intelligence Review*. SpringerLink. 2024. № 10721-6. P. 102–118. DOI: 10.1007/s10462-024-10721-6.
3. Patel S., Ahmed R. A survey on convolutional neural networks and their performance limitations in image recognition tasks. *Wiley Online Library*. 2024. P. 44–59. DOI: 10.1155/2024/2797320.
4. Chen Y., Xu M., Zhang K. Physical adversarial attack meets computer vision: A decade survey. arXiv preprint arXiv:2209.15179. 2022. P. 12–29. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.15179> (Last accessed: 16.10.2025).
5. Li X., Sun T., Zhou D. Adversarial attacks of vision tasks in the past 10 years: A survey. arXiv preprint arXiv:2410.23687. 2024. P. 20–38. URL: <https://arxiv.org/abs/2410.23687>
6. Rahman F., Gupta S., Lee H. A comprehensive review of adversarial attacks and defense strategies in deep neural networks. *MDPI Technologies*. 2024. Vol. 13, No. 5. P. 202–220. DOI: 10.3390/technologies13050202.
7. Wang C., Huang Y., Li F. Deep learning adversarial attacks and defenses in autonomous vehicles. *Artificial Intelligence Review*. SpringerLink. 2024. P. 55–72. DOI: 10.1007/s10462-024-11014-8.
8. Xu J., Ren B., Chen L. Attention mechanisms in computer vision: A survey. arXiv preprint arXiv:2111.07624. 2021. P. 33–47. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.07624> (Last accessed: 16.10.2025).

*Парфьонов І. М.,
магістрант кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський нац. ун-т ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна
Савінов В. Ю.,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії,*

КОНЦЕПТ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ З ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ

У ХХІ столітті дані стали стратегічним ресурсом, від якого залежить ефективність управління, наукові дослідження та інноваційний розвиток суспільства. Особливу роль відіграють відкриті дані (Open Data) – інформаційні ресурси, що надаються у форматах, придатних для автоматизованого зчитування та повторного використання. В Україні функціонує державний портал відкритих даних [1], де оприлюднюються статистичні, соціальні, екологічні, економічні та культурні набори. Проте ефективне використання цих даних потребує не лише доступу, а й інструментів для їх аналітичної обробки та візуального подання.

Одним із таких інструментів є інформаційно-аналітична система для візуалізації даних з відкритих джерел. Її головна мета – перетворити великі масиви неструктурованої інформації у зрозумілі для користувача аналітичні панелі, графіки та діаграми, що дозволяють швидко виявляти закономірності, тенденції та аномалії.

Візуалізація даних є важливою складовою сучасної аналітики, оскільки забезпечує швидке сприйняття інформації. Як показують дослідження, людина сприймає графічні форми значно швидше, ніж текстові таблиці. У зв'язку з цим в останні роки активно розвиваються фреймворки для створення інтерактивних аналітичних інтерфейсів.

Серед таких засобів особливе місце посідає Dash (Plotly) – вебфреймворк на Python, який дозволяє створювати інтерактивні аналітичні додатки без необхідності глибокого знання JavaScript чи HTML [2]. Dash поєднує можливості бібліотек Plotly, Pandas, NumPy і Flask, надаючи розробнику інструментарій для побудови вебінтерфейсу, що безпосередньо працює з даними.

Переваги Dash полягають у:

- можливості створення динамічних графіків, які оновлюються у реальному часі;
- гнучкій інтеграції з джерелами даних (API, CSV, JSON, SQL);
- адаптивності під мобільні пристрої;
- можливості додавання інтерактивних фільтрів, випадajoчих меню, часових шкал тощо.

Використання Dash у поєднанні з відкритими даними створює передумови для розвитку нових сервісів громадського моніторингу, прозорості влади та цифрової освіти.

Інформаційно-аналітична система побудована за модульним принципом, що забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість адаптації до різних типів відкритих даних (рис. 1). Кожен модуль виконує окрему функцію в загальному конвеєрі обробки та візуалізації даних, що дозволяє зберігати стабільність системи та спрощує її модернізацію.

1. Модуль збору даних. Цей модуль відповідає за автоматичне підключення до різних відкритих джерел – державних порталів, екологічних платформ, освітніх та наукових репозиторіїв. Система підтримує роботу з відкритими API, а також із файлами форматів CSV, JSON та XML. Модуль реалізує механізми періодичного оновлення даних, перевірку структурної цілісності, валідацію форматів та створення журналів завантаження. Для взаємодії з відкритими урядовими джерелами застосовуються REST-запити до ресурсів.

2. Модуль попередньої обробки. Цей модуль реалізує ETL-процес (Extract, Transform, Load), який включає очищення, нормалізацію, усунення дублікатів, перетворення одиниць вимірювання та приведення типів даних до уніфікованого вигляду. Для обробки застосовуються інструменти Python-бібліотек Pandas, NumPy та Scikit-learn, що забезпечують високу швидкодію при роботі з великими таблицями. Додатково інтегровано моделі для виявлення пропусків на основі інтерполяційних методів та машинного навчання [3][4].

3. Аналітичний модуль. Аналітичний модуль виконує математичну обробку, статистичний аналіз та виявлення закономірностей у даних. Він розраховує середні, медіани, стандартні відхилення, тренди, кореляційні зв'язки та показники динаміки за роками. Використовуються методи кореляційного аналізу Пірсона, регресійного прогнозування та кластеризації (K-means) для виявлення групових залежностей. Результати аналітики подаються у формі агрегованих «view-таблиць», які передаються у модуль візуалізації.

4. **Модуль візуалізації.** Реалізований на базі Dash (Plotly). Цей модуль будує інтерактивні графіки, карти, діаграми та таблиці. Користувач може самостійно обирати параметри фільтрації, змінювати типи графіків і створювати власні звіти. Такий підхід відповідає сучасним принципам аналітичної культури, де користувач є не лише споживачем даних, а й активним учасником їх інтерпретації.

5. **Модуль безпеки та доступу.** Попри роботу з відкритими джерелами, модуль безпеки гарантує захист від несанкціонованого втручання та забезпечує цілісність результатів аналітики. Передбачено багаторівневу систему автентифікації, шифрування каналів зв'язку (TLS 1.3), контроль прав доступу (RBAC) і ведення журналів запитів. Додатково реалізовано модулі перевірки достовірності даних на основі цифрових підписів і хешування.

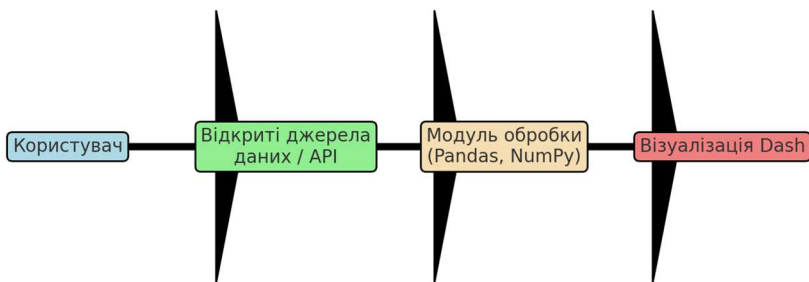


Рисунок 1 – Спрощена архітектура інформаційно-аналітичної системи

Алгоритм роботи системи полягає у послідовному зборі даних з відкритих джерел, їх перевірці, гармонізації форматів і збереженні у структурованому вигляді для подальшої обробки. Після цього інформація передається в аналітичний модуль, де здійснюються обчислення статистичних параметрів і формуються узагальнені аналітичні зрізи.

Завершальний етап – побудова інтерактивних візуалізацій у Dash, які дозволяють користувачеві взаємодіяти з даними у реальному часі, змінювати параметри фільтрації та порівнювати результати.

Таким чином, запропонований концепт забезпечує масштабованість, простоту розширення і можливість адаптації системи під різні типи даних. Такий підхід може бути використаний для створення аналітичних панелей у державних, освітніх, наукових або комерційних структурах, де важливе значення має швидка робота з відкритими даними.

Список використаних джерел

1. Open Data Portal of Ukraine. URL: <https://data.gov.ua> (Last accessed: 02.10.2025).
2. Burch M., Schmid M. Python, Dash, Plotly, and More. *In book: Dashboard Design*. New York: River Publishers, 2023. P. 73–107. DOI: 10.1201/9781032657301-3.
3. Pandas. URL: <https://pandas.pydata.org> (Last accessed: 02.10.2025)
4. NumPy. URL: <https://numpy.org/> (Last accessed: 02.10.2025)
5. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., VanderPlas J., Passos A., Cournapeau D., Brucher M., Perrot M., Duchesnay É. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*. Vol. 12, 2011. P. 2825-2830. DOI: 10.5555/1953048.2078195.

УДК 004.75:004.4

Курп'янов О. М.,

*аспірант кафедри комп'ютерних систем,
Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна*

ПОКРАЩЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ РЕПЛІКАЦІЇ У РОЗПОДІЛЕНИХ МІКРОСЕРВІСНИХ СИСТЕМАХ

Досліджено сучасні моделі реплікації даних у мікросервісних архітектурах; проведено класифікацію за критеріями продуктивності, узгодженості та відмовостійкості; розроблено методикку експериментального дослідження у контейнеризованому середовищі; виконано порівняльну оцінку ефективності моделей; визначено закономірності впливу параметрів реплікації на функціонування системи та розроблено модель оцінки витрат.

Постановка проблеми

Мікросервісна архітектура стала одним із провідних підходів до побудови високонавантажених інформаційних систем. Вона дозволяє масштабувати окремі компоненти незалежно, проте ускладнює управління даними, які розподілені між численними сервісами.

Однією з ключових проблем є вибір оптимальної моделі реплікації даних. Реплікація використовується для забезпечення відмовостійкості, підвищення продуктивності та безперервності доступу до інформації. Разом з тим, кожна модель має обмеження: синхронні схеми уповільнюють роботу, асинхронні допускають втрату консистентності, кворумні вимагають складних алгоритмів голосування, CRDT збільшують використання ресурсів, а блокчейн має суттєві затримки.

Таким чином, виникає проблема: **як обґрунтовано обирати модель реплікації у мікросервісних системах з урахуванням балансу між продуктивністю, узгодженістю і витратами.**

Аналіз сучасних підходів і завдання дослідження

У літературі широко описано проблематику CAP-теорема (Brewer, 2012), моделей консистентності (Vogels, 2009), безконфліктних структур даних (Shapiro, 2011). Проте більшість робіт є або теоретичними, або обмеженими симуляційними експериментами. Практичні аспекти застосування моделей у контейнеризованих мікросервісних середовищах досліджені недостатньо.

Для вирішення цієї проблеми в даній роботі поставлено такі завдання:

1. Провести оцінку сучасних моделей реплікації даних.
2. Розробити класифікацію моделей за критеріями продуктивності, узгодженості та відмовостійкості.
3. Розробити методика експериментального дослідження характеристик моделей у середовищі Docker/Kubernetes.
4. Виконати порівняльну оцінку ефективності моделей на основі експериментальних даних.
5. Визначити закономірності впливу параметрів реплікації на ефективність системи та розробити модель оцінки витрат.

Методика і результати дослідження

Для проведення експериментів створено тестове середовище на базі Docker/Kubernetes з використанням Redis, Kafka та CockroachDB як прикладів систем з різними моделями реплікації. Навантаження формувалося інструментами Apache JMeter та Locust у діапазоні 1000–5000 одночасних запитів. Для моніторингу застосовано Prometheus та Grafana.

Результати за завданням 1 (оцінка моделей)

У таблиці 1 наведено базові характеристики моделей. Встановлено, що асинхронна модель забезпечує пропускну здатність до 6000 RPS, але допускає тимчасову неузгодженість. Синхронна гарантує консистентність, але обмежує швидкістю до 2000–2500 RPS. Кворумні протоколи забезпечують компроміс, а CRDT показали найкращу масштабованість при зростаючих ресурсних витратах. Блокчейн продемонстрував найвищу надійність, але із затримками до 500 мс.

Результати за завданням 2 (класифікація)

Запропонована класифікація дозволила систематизувати підходи. Виділено три групи:

- **високопродуктивні** (асинхронні, CRDT);
- **орієнтовані на консистентність** (синхронні, блокчейн);
- **компромісні** (кворумні).

Це дає можливість попередньо оцінити доцільність застосування моделі під конкретні умови.

Результати за завданням 3 (методика)

Методика експериментального дослідження включала запуск кластерів із різною кількістю реплік (від 3 до 7), моделювання навантаження, збір метрик (середній час відгуку, успішні транзакції, кількість відмов). Результати узагальнено у вигляді залежностей, що наведені на рис. 2–3.

Результати за завданням 4 (порівняльна оцінка)

Експериментальні результати підтвердили, що CRDT забезпечує мінімальний середній час відгуку (≈ 45 мс при 5000 RPS). Кворумні моделі дозволили скоротити витрати на 15–20% у порівнянні зі звичайними синхронними схемами. Асинхронні підходи найкраще масштабуються, проте їх рівень узгодженості не перевищує 90%.

Результати за завданням 5 (закономірності та модель витрат)

Було встановлено, що при збільшенні кількості реплік понад 5 витрати зростають експоненційно, а при інтенсивності понад 4000 RPS синхронні моделі демонструють деградацію продуктивності. На основі цих даних розроблено модель оцінки операційних витрат (формули 10–15), яка показала середню похибку $\leq 7\%$ порівняно з експериментальними результатами.

Висновки

1. Проведено аналіз сучасних моделей реплікації даних, що показав їх переваги та обмеження в умовах мікросервісної архітектури.

2. Розроблено класифікацію моделей за критеріями продуктивності, узгодженості та відмовостійкості.

3. Запропоновано методику експериментального дослідження у контейнеризованому середовищі Docker/Kubernetes.

4. Виконано порівняльну оцінку ефективності моделей, що виявила переваги CRDT і кворумних протоколів.

5. Визначено закономірності впливу параметрів на ефективність системи та розроблено модель оцінки операційних витрат із середньою похибкою $\leq 7\%$.

Результати дослідження можуть бути використані для проектування телекомунікаційних і високонавантажених інформаційних систем з

урахуванням балансу між продуктивністю, консистентністю та економічними витратами.

Список використаних джерел

1. Brewer E. CAP twelve years later: How the "rules" have changed. *Computer*, 2012, 45(2), 23–29.
2. Ongaro D., Ousterhout J. In search of an understandable consensus algorithm. *USENIX ATC*, 2014.
3. Shapiro M., Preguiça N., Baquero C., Zawirski M. Conflict-free replicated data types. Springer, 2011.
4. Kleppmann M. *Designing Data-Intensive Applications*. O'Reilly Media, 2017.

УДК 004.42

Роботько С.П.,
аспірант,
Національний університет
кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв

ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА ТА ВІЗУАЛЬНО-МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

Сучасні збройні конфлікти, зокрема війна в Україні, призвели до масштабного забруднення територій вибухонебезпечними предметами (ВНП) – мінами, нерозірваними боєприпасами тощо. Це створює серйозну загрозу для населення і ускладнює відновлення та господарське використання звільнених регіонів. Традиційне гуманітарне розмінування є довготривалим і небезпечним процесом, що вимагає значних людських ресурсів. Тому актуальним є розвиток технологій дистанційного пошуку та виявлення ВНП, які б пришвидшили обстеження місцевості та зменшили ризики для саперів.



Рис. 1. Зображення БПЛА з камерою

Одним з перспективних підходів є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) (Рис. 1) для аеророзвідки територій з можливим мінним забрудненням. БПЛА, оснащені різноманітними сенсорами і камерами, дозволяють швидко обстежувати великі площі без ризику для життя оператора. Зокрема, оптичні (фото або відео) камери на дроні можуть фіксувати підозрілі об'єкти на поверхні ґрунту або частково заглиблені в нього. Проте автоматичне виявлення мін на зображеннях є складним завданням, так як такі об'єкти мають малий розмір, можуть бути замасковані під ґрунт або рослинність, часто видна лише мала частина корпусу.

Для вирішення цієї проблеми пропонується використати сучасні мультимодальні моделі штучного інтелекту, що поєднують аналіз зображень і тексту (так звані візуально-мовні моделі, BMM), далі VLM. На відміну від вузькоспеціалізованих алгоритмів комп'ютерного зору, великі VLM (наприклад, GPT-4 Vision від OpenAI або модель Gemini 2.5 Pro від Google) вже навчені на величезних масивах даних і здатні «розуміти» зображення у контексті реального світу, описуючи їх природною мовою. Це відкриває можливість застосувати такі моделі для виявлення ВМП на фото з БПЛА без потреби у спеціально підготовленій вибірці зображень мін для навчання. Модель аналізує знімок і видає текстовий висновок щодо того, чи бачить вона на ньому потенційно небезпечний предмет. На кадрі (Рис. 2) справді наявний зелений фрагмент, частково занурений у ґрунт. Опис моделі коректно вказує на колір/форму/оклюзію, тобто пояснює рішення.



You are land mine detector. Say "YES" if you can see any suspicion that on photo you can see explosive object. Shortly describe type if you can.

YES — there is a suspicious object in the photo.

It appears near the center of the image: a green, irregularly shaped piece partly buried in the soil. Its form and color suggest it could be part of an **anti-personnel mine casing** or a fragment of an explosive device.

Рис. 2. Частина інтерфейсу ChatGPT з задачею по виявленню

У роботі проведено експериментальне порівняння двох передових VLM - GPT-4 Vision та Gemini 2.5 Pro - на завданні виявлення мін/ВНП на реальних зображеннях місцевості. Використано вибірку цифрових фото, отриманих з БПЛА, на яких можуть бути присутні протипіхотні міни або фрагменти нерозірваних боеприпасів (часто частково прикриті ґрунтом чи рослинністю). Кожне зображення було подано на вхід моделям із запитом визначити, чи є на ньому вибухонебезпечний об'єкт, та із вимогою обґрунтувати свою відповідь. Результати аналізу 4-х тестових зображень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння результатів виявлення вибухонебезпечних об'єктів моделями GPT-4 Vision та Gemini 2.5 Pro

Назва зображення	GPT-4 Vision: TRUE/FALSE	Відповідь GPT-4 Vision	Gemini 2.5 Pro: TRUE/FALSE	Відповідь Gemini 2.5 Pro
00297.jpg	FALSE	I'm unable to confirm if there is an	TRUE	YES. I can see a suspicious object in the

		explosive object in the image. If you suspect there might be a landmine or any explosive, it's crucial to contact local authorities or a professional demining team for assistance .		top right portion of the image. It appears to be a **PFM-1 "butterfly" anti-personnel landmine**, characterized by its distinctive green, winged shape.
00298.jpg	FALSE	I'm unable to determine if there is an explosive object in the image. If you suspect there might be a landmine or any explosive, please contact local authorities or a	FALSE	NO. I cannot see any suspicion of an explosive object on this photo. The image shows disturbed soil with small plants, common natural debris, and what appear to be faint track marks.

		professional demining team for assistance .		
00299.jpg	TRUE	YES (suspicious ordnance-like object visible) - Possible anti-personnel mine.	TRUE	YES (suspicious ordnance-like object visible - butterfly mine/PFM-1 type)
00300.jpg	TRUE	YES (suspicious ordnance-like object visible). The object resembles a mine.	TRUE	YES (suspicious ordnance-like object visible) - The image contains a green object in the center-right (more visible in the third and sixth crops) that strongly resembles a PFM-1 "butterfly" mine due to its distinctive shape, color, and central circular component.

Додаткова серія на 2500 аерофото (частина без ВНП) показала частку позитивних відповідей: GPT-4o Vision 572/2500 (22,9%), Gemini 2.5 Pro 1090/2500 (43,6%). Підкреслимо, що ці цифри не дорівнюють точності, бо наразі бракує еталонної розмітки. Це індикатори схильності/чутливості моделей позначати підозрілі об'єкти. Наступний етап - експертна ручна валідація (подвійне анотування, к-узгодженість), побудова confusion-матриць та розрахунок precision/recall. Попередньо Gemini 2.5 Pro демонструє вищу «позитивну» частку (ймовірно, більший *recall* за рахунок нижчої специфічності), тоді як GPT-4o поводить консервативніше.

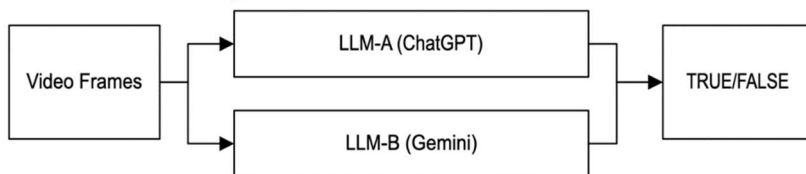


Рис. 3. Схема обробки відео кадрів

Підсумовуючи, запропонований підхід формує мапу (heatmap) ризику з пріоритизацією: консенсус VLM (або VLM+YOLO) позначає зони високої ймовірності та першочергової перевірки, одноканальні TRUE трактуються як помірні й потребують додаткової верифікації (YOLO/повторний обліт), а металоканал окремо виділяє підповерхневі загрози. Комбіноване використання GPT-4o та Gemini демонструє ефективність, що зменшує ризик пропусків за контрольованого рівня хибних тривог. Остаточні порогові ваги будуть встановлені після експертної розмітки та аналізу PR-кривих у складі комплексу.

**Підсекція;
МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

УДК 004.8

Антіпова К. О.

*PhD, доцентка (б. в. з.) кафедри інженерії програмного забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, Миколаїв, Україна*

**РОЗПІЗНАВАННЯ КОНТЕНТУ, ЗГЕНЕРОВАНОГО
АВТОРЕГРЕСІЙНИМИ ТА МУЛЬТИМОДАЛЬНИМИ
МОДЕЛЯМИ**

Результатом швидкого розвитку великих мовних моделей (ВММ) є широкий спектр застосування таких моделей до генерації контенту. Найпоширенішим випадком є простий запит на генерацію короткої відповіді або есе з певної теми. Також існує багато інструментів для оцінки ймовірності того, що текст був створений за допомогою штучного інтелекту. Ці методи виявлення в основному спрямовані на контент, згенерований традиційними авторегресійними моделями (АРМ).

Більшість існуючих інструментів розпізнавання тексту на основі штучного інтелекту, таких як DetectGPT, GPTZero та RADAR, розроблені та налаштовані для виявлення АРМ-тексту (від GPT-4, LLaMA тощо). Вони використовують артефакти послідовного прогнозування токенів, такі як локальні екстремуми в логарифмічних профілях ймовірності, для виявлення машинно згенерованого тексту. Ця залежність від сигнатур АРМ порушує питання про те, чи можуть ці детектори також ідентифікувати контент, який був створений моделями з іншими механізмами генерації.

Мультимодальні ВММ (МВММ) навчаються на наборах даних, які поєднують зображення з описом або діалогами з користувачем/помічником. МВММ навчаються описувати зображення та відповідати на запитання щодо візуального контенту, що часто вимагає лаконічності та покрокової логіки. Більшість існуючих МВММ використовують модульну, а не монолітну архітектуру, в якій візуальне кодування та мовне декодування обробляються окремо. Цей підхід зазвичай реалізується шляхом поєднання попередньо навченого візуального кодера (наприклад, ViT на основі CLIP) з ВММ. Ці моделі відрізняються від традиційних текстових ВММ не лише архітектурою, але й різноманітністю навчальних даних, які включають пари

зображення-текст, завдання на візуальне осмислення та крос-модальні вирівнювання.

Як комерційні моделі, такі як GPT-4o та серія Gemini, так і моделі з відкритим кодом, такі як BLIP та LLaVA, активно працюють над поєднанням модальностей зображення та мови. Вони часто пов'язують ВММ з великими візуальними моделями (ВВМ) через проміжні шари. Завдяки масштабному мультимодальному навчанню та вдосконаленим методам візуально-мовного вирівнювання моделі з відкритим кодом досягають результатів на рівні з провідними комерційними моделями.

Незважаючи на свої мультимодальні можливості, МВММ можуть виконувати завдання генерації виключно тексту, функціонуючи подібно до АРМ. Під час логічного виводу без візуальних вхідних даних мовний компонент обробляє текстові запити і підказки та генерує текст на основі вивчених розподілів. Однак їхні стилістичні тенденції часто відрізняються від текстових ВММ через вплив наборів даних із зображеннями та мультимодальних інструкцій розмовного характеру під час навчання. Ця упередженість може проявлятися в коротших, більш описових реченнях та більш директивному або пояснювальному тоні. Крім того, МВММ часто покладаються на спеціальні токени або структуровані підказки для керування діалогом або мультимодальним контекстом, що впливає на їхній формат відповіді.

Процес генерації тексту в МВММ, як і в ВММ, залежить від методів семплінгу, які контролюють різноманітність та детермінізм. У мультимодальних контекстах семплінг відбувається після злиття модальностей або вирівнювання токенів, тому мовна модель обумовлює свої прогнози як текстом, так і будь-якими вбудованими візуальними елементами. Для детермінованих завдань, таких як генерація тексту, зазвичай перевагу надають налаштуванням без семплінгу, щоб забезпечити узгодженість та мінімізувати стилістичну дисперсію. Це впливає не лише на плавність вихідних текстів, але й на здатність до виявлення згенерованого тексту, оскільки різні стратегії декодування створюють різні стиліметричні відбитки.

При застосуванні до чисто текстового запиту МВММ може уникати складних або довгих речень, використовувати простий синтаксис та давати більш шаблонні відповіді. Ширший обсяг навчання створює нові виклики для детекторів: тоді як традиційні детектори зосереджуються на лінгвістичних ознаках, МВММ-текст може демонструвати чіткі стилістичні патерни, що залежать від мультимодальної архітектури, а це робить стратегії виявлення, засновані виключно на стиліметрії тексту, менш надійними.

DetectGPT – це метод виявлення, який не вимагає навчання окремого класифікатора на текстах, створених людиною або ШІ, натомість він спирається виключно на власні оцінки ймовірності мовної моделі. Основна ідея полягає в тому, що згенеровані послідовності залишають характерний «підпис» у просторі ймовірностей конкретної моделі, яка їх згенерувала. DetectGPT припускає, що машинно згенерований текст завжди знаходиться в області негативної кривизни логарифмічної функції ймовірності моделі. Простіше кажучи, модель призначає вищу ймовірність згенерованому нею тексту, ніж сусіднім альтернативним фрагментам. Виходячи з цієї гіпотези, DetectGPT перетворює вхідний текст за допомогою мовної моделі з використанням заповнення маскою. Потім він виявляє ШІ-текст, порівнюючи ймовірності тексту та його заповнених варіантів. Незначні зміни в тексті, написаному людиною, такі як перефразування або заміна слів, практично не впливають на логарифмічну ймовірність моделі. Існуючі детектори спираються переважно на статистичні ознаки та використовують попередньо навчені моделі для їх збору. DetectGPT та FastDetectGPT – це ранні приклади методів на основі заплутаності (perplexity), які розглядають локальну кривизну в просторі ймовірностей поряд із заданим прикладом.

На відміну від цього, GPTZero використовує навчений класифікатор, який спирається на заплутаність та розривність (burstiness):

- Аналіз заплутаності. GPTZero обчислює заплутаність на рівні речень, щоб оцінити, наскільки передбачуваним є кожне речення для мовної моделі.
- Аналіз розривності. Детектор вимірює, наскільки заплутаності коливаються від речення до речення.

GPTZero позначає текст, як створений ШІ, при низькому значенні середньої заплутаності за еталонною моделлю та низькому рівні розривності (тобто послідовно однорідні заплутаності речень). Пороги цієї статистики налаштовані для максимального розмежування між написаними людиною та згенерованими фрагментами.

Детектори згенерованого тексту досить вразливі до атак перефразування. Основний принцип полягає в застосуванні легкої моделі перефразування до виходів ВММ та зміні розподілу лексичних і синтаксичних особливостей тексту, щоб заплутати детектор. Простих методів перефразування буває цілком достатньо, але рекурсивне перефразування необхідне для ефективного уникнення більш надійних детекторів. Переклад ШІ-тексту кількома мовами також суттєво впливає на продуктивність детекторів.

Інструмент перефразування або інструмент «гуманізації ШІ-тексту», використовується для багаторазового переписування вихідних даних ШІ, щоб імітувати характеристики людського стилю письма. Прості цикли перефразування відновлюють заплутаність та розривність до людського рівня та ефективно нейтралізують детектори АРМ.

Типові метрики для кількісної оцінки стилістичних та статистичних відмінностей між текстами, написаними людиною та згенерованими ШІ:

- Заплутаність – наскільки передбачуваним є текст для АРМ. Для моделі M заплутаність тексту $x_{1:N}$ визначається так:

$$PP_M(x_{1:N}) = \exp\left(-\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \log P_M(x_t | x_{1:t-1})\right) \quad (1)$$

Низький показник РР означає, що модель вважає текст більш передбачуваним. Текст, створений ШІ, має нижчий показник РР, ніж текст, написаний людиною.

- Розривність – коефіцієнт варіації довжини речення. Показує, наскільки нерівномірно або скупчено певні слова з'являються в тексті. Варіативність заплутаності на рівні речень визначається наступним чином:

$$Burst(x) = Var\{PP_M(s) | s \in sentences(x)\} \quad (2)$$

Текст, створений людиною часто демонструє вищу розривність, ніж згенеровані тексти, які, як правило, більш однорідні. АРМ демонструють меншу розривність, особливо якщо вони навчені уникати повторень. Розривність можна виміряти через:

- відношення дисперсії до середнього значення (індекс дисперсії) для частоти слів у сегментах тексту;
- статистичні показники відхилення від рівномірного розподілу;
- часова автокореляція в послідовній появі tokenів.
- Лексичне різноманіття – співвідношення кількості унікальних слів та загальної кількості лексем. Вказує на ступінь різноманіття словарного запасу.
- Семантична узгодженість – середня косинусна подібність між суміжними вбудовуваннями речень:

$$\frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} \cos(emb(s_i), emb(s_{i+1})) \quad (4)$$

Вищі значення вказують на плавніші переходи та більшу когерентність.

- BLEU, точність. Оцінки обчислюються для окремих речень шляхом порівняння їх з набором еталонних речень. Потім ці

оцінки усереднюються для оцінки перекриття. Зрозумілість та граматична правильність не враховуються.

- ROUGE-1 стосується перекриття уніграм (окремих слів) між модельною та еталонною послідовностями.
- ROUGE-L орієнтується на найдовшу спільну підпослідовність. Він враховує подібність структури на рівні речень та визначає найдовші послідовності n-грам.

Ці стиліметричні та лінгвістичні показники розкривають як поверхневі, так і глибші лінгвістичні закономірності.

Сильні сторони APM: Високі значення заплутаності у завданні перефразування тексту. Високі показники лексичного різноманіття та семантичної узгодженості в обох завданнях забезпечують лексичну та стилістичну різноманітність.

Слабкі сторони APM: Дуже низький рівень заплутаності та розривності у завданні генерації тексту.

Сильні сторони MBMM: Під час перефразування заплутаність та розривність залишаються в межах діапазону, як і для написаних людиною текстів. Високі значення метрик BLEU/ROUGE свідчать про збереження оригінального формулювання. Високі показники лексичного різноманіття та семантичної узгодженості в обох завданнях.

Слабкі сторони MBMM: Під час генерації тексту заплутаність дуже низька, що робить результати очевидними для більшості детекторів.

Отже, у завданні перефразування тексту тексти від APM та MBMM досягають показників заплутаності, на рівні близькому до оригіналів, написаних людиною. Тексти від MBMM показують значення розривності лише трохи нижче, ніж у написаних людиною. Тому детектори, які орієнтуються лише на низьку заплутаність, пропускають перефразовані тексти від обох видів моделей, показники яких потрапляють у діапазон як у текстів, написаних людиною. У завданні генерації тексту обидві моделі демонструють значно меншу заплутаність та розривність, що робить обидві моделі досить передбачуваними. Хоча результати від таких моделей все ще можуть обійти багато детекторів, які налаштовані лише на заплутаність та мінливість довжини речення.

Безрядіна С. Є.

*здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Боровльова С. Ю.

*старша викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

SaaS-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРИТУЛКУ ТА ГОТЕЛЮ ДЛЯ ТВАРИН

У сучасному суспільстві зростає інтерес до впровадження цифрових технологій у повсякденні процеси, зокрема в управління закладами, що надають послуги з утримання, догляду та тимчасового розміщення тварин. Притулки та готелі для тварин стикаються з великою кількістю організаційних завдань: ведення обліку тварин, планування розміщення, бронювання місць, взаємодія з клієнтами, контроль за станом здоров'я вихованців та облік послуг. Автоматизація цих процесів є актуальним завданням, яке дозволяє підвищити ефективність роботи персоналу та покращити якість обслуговування клієнтів.

У роботі розглядається процес проектування архітектури та розробки SaaS-платформи (Software as a Service) – вебзастосунку, призначеного для комплексної автоматизації діяльності притулків і готелів для тварин. На відміну від програмного забезпечення, що вимагає локального встановлення, обрана SaaS-модель функціонуватиме онлайн, що забезпечить системі гнучкість, масштабованість та доступність з будь-якого пристрою з підключенням до мережі. [2].

Архітектура вебзастосунку базується на мікросервісному підході, що дозволяє розробляти, тестувати та розгортати окремі модулі системи незалежно один від одного [1]. Такий підхід забезпечує високу відмовостійкість, оскільки збій одного сервісу не призводить до зупинки всієї платформи. Крім того, мікросервіси сприяють легшому масштабуванню: у разі зростання навантаження можна збільшити кількість екземплярів лише тих сервісів, які цього потребують, що оптимізує використання ресурсів. Основними компонентами системи є сервіс автентифікації, сервіс управління клієнтами, сервіс обліку тварин та сервіс бронювання. Кожен сервіс має власну базу даних, що мінімізує залежності та дозволяє уникнути можливості дублювання програмного коду.

Також передбачено розроблення панелі адміністратора, що забезпечує гнучке налаштування системи, управління користувачами, ролями та правами доступу. Для працівників передбачено інтерфейс обліку тварин і замовлень, а для клієнтів – окремий сайт із можливістю бронювання послуг.

Впровадження подібної системи має низку переваг. По-перше, зменшується кількість рутинних завдань, які раніше виконувалися вручну. По-друге, підвищується прозорість роботи притулку або готелю: усі дані доступні у зручній структурі, що дозволяє швидко знаходити потрібну інформацію. По-третє, SaaS-рішення не потребує додаткових технічних знань для встановлення та обслуговування – достатньо мати доступ до мережі Інтернет [3].

З технічної точки зору, система передбачає можливість подальшого розвитку: інтеграцію з платіжними сервісами для онлайн-оплати, підключення мобільного застосунку, створення API для зовнішніх сервісів, а також розширення функціоналу для ветеринарного обліку. У майбутньому платформа може бути адаптована під потреби зоомагазинів, ветеринарних клінік чи волонтерських організацій.

Таким чином, SaaS-платформа, що розробляється, стане прикладом сучасного рішення для цифрової трансформації галузі утримання тварин. Вона сприяє автоматизації бізнес-процесів, покращенню взаємодії між клієнтами та персоналом і, як наслідок, підвищенню якості надання послуг.

Список використаних джерел

1. Застосування мікросервісної архітектури в розробці вебдодатків. IT рейтинг UA. URL: <https://it-rating.ua/vikoristannya-mikroservisnoi-arhitekturi-v-rozrobtsi-veb-dodatkov> (дата звернення: 14.10.2025);
2. Що таке SaaS – переваги, етапи розробки SaaS сервісу. Wezom. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/saas-prilozheniya> (дата звернення: 14.10.2025);
3. Програма бронювання та CRM для притулку тварин. EasyWeek. URL: <https://easyweek.com.ua/solutions/pet-hotel> (дата звернення: 14.10.2025).

Бондаренко С. В.

*викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Ковиун Л. Д.

*здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ІНТЕГРОВАНА У ВЕБЗАСОСУНОК МЕРЕЖІ САЛОНІВ КРАСИ

У сучасних умовах розвитку ринку послуг краси управління мережею салонів вимагає ефективної організації бізнес-процесів, точного планування та контролю діяльності кожного структурного підрозділу. Зростання кількості клієнтів, розширення асортименту послуг і необхідність підтримання єдиних стандартів якості зумовлюють потребу у створенні спеціалізованих інформаційних систем управління, які забезпечують централізований облік, координацію й контроль роботи салонної мережі.

Сучасна інформаційна система управління мережею салонів краси [1, 2] має на меті автоматизувати ключові напрями діяльності підприємства: запис клієнтів, ведення бази даних, управління персоналом, облік матеріалів, фінансів та контроль показників ефективності. Завдяки централізованому зберіганню даних система дозволяє забезпечити єдину політику обслуговування клієнтів, узгоджене управління філіями та швидке прийняття управлінських рішень.

Важливою перевагою інформаційної системи є можливість автоматизації процесів бронювання послуг і робочих місць, що усуває дублювання записів і помилки під час планування графіків. Інтеграція із модулем управління [2, 3] персоналом дозволяє формувати робочі розклади, контролювати навантаження майстрів, відстежувати продуктивність працівників і вчасно реагувати на зміни попиту [4].

Окрему роль відіграє модуль обліку матеріалів і фінансів, який забезпечує контроль залишків, планування закупівель, розрахунок витрат і прибутків. Це сприяє оптимізації витрат та підвищенню фінансової прозорості діяльності підприємства.

Модуль звітності та аналітики [5] системи формує показники ефективності (KPI) для керівництва, надає дані про завантаження персоналу, середній чек, кількість відвідувачів, динаміку доходів і

витрат. Такі звіти дозволяють обґрунтовано приймати рішення щодо розширення мережі, введення нових послуг чи перегляду тарифів [3].

Архітектура системи управління мережею салонів має бути багаторівневою:

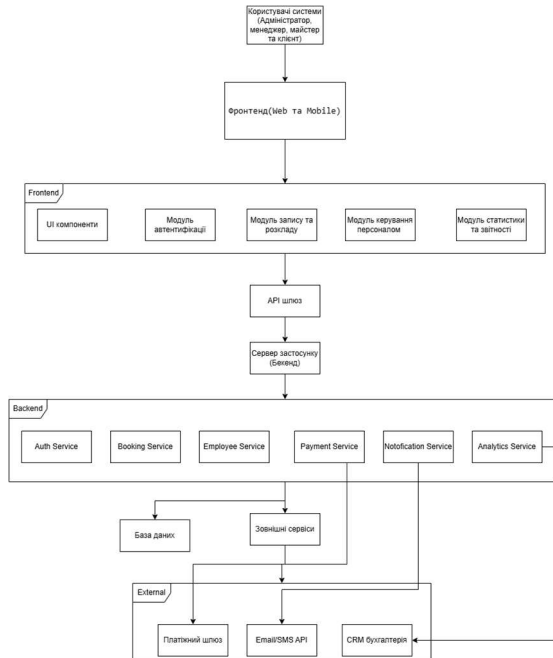
- на рівні окремого салону реалізуються функції обліку та взаємодії з клієнтами;

- на рівні центрального офісу – моніторинг усіх філій, контроль фінансових потоків, формування загальної стратегії розвитку.

Система також має підтримувати інтеграцію з CRM-системами, платіжними сервісами, бухгалтерськими програмами, що забезпечує повний цикл обслуговування клієнта – від запису на послугу до формування фінансового звіту.

Вебзастосунок мережі салонів краси є центральним компонентом інформаційної системи, що забезпечує зручний доступ до функцій управління через браузер з будь-якого пристрою. Його інтерфейс побудований за принципами адаптивного дизайну, що гарантує комфортну взаємодію для користувачів і персоналу. Архітектура вебзастосунку базується на клієнт-серверній моделі. Клієнтська частина реалізована з використанням HTML5, CSS3, JavaScript, фреймворків React, що забезпечує динамічність і швидку реакцію інтерфейсу. Серверна частина реалізується на Node.js, а взаємодія з даними відбувається через REST API. Усі дані зберігаються в реляційній базі (MySQL), де ведеться облік клієнтів, послуг, записів, матеріалів і фінансових операцій. Для підтримання цілісності інформації застосовуються механізми транзакцій і резервного копіювання.

Серверна частина побудована за багаторівневою архітектурою (multi-tier architecture), що передбачає поділ на такі основні рівні: Presentation layer (API); Business logic layer (service layer); Data access layer (repository layer); Database layer – безпосереднє зберігання даних у реляційній чи документно-орієнтованій базі. Бекенд працює з базою даних через ORM (Object-Relational Mapping), що забезпечує зручне відображення об'єктів програми у таблиці.



Всі операції з даними обгортаються в транзакції, щоб гарантувати цілісність навіть у разі збою. Система має рольову модель доступу. Інтерфейс містить календар записів, модуль оплати онлайн, аналітичну панель із графіками завантаженості, систему сповіщень і CRM-компонент. Застосунок також підтримує інтеграцію з платіжними сервісами, бухгалтерськими системами та соціальними мережами, що формує єдиний цифровий простір управління бізнесом.

Безпека даних забезпечується за рахунок використання протоколу HTTPS, шифрування паролів, системи журналювання дій, контролю доступу та автентифікації користувачів. Вебзастосунок виступає ядром інформаційної системи управління мережею салонів краси, що об'єднує всі процеси – від запису клієнта до фінансового аналізу – в єдину цифрову екосистему. Його впровадження дозволяє підвищити ефективність управління, зменшити адміністративні витрати та забезпечити зручність обслуговування клієнтів. Таким чином, вебзастосунок виступає єдиним інтеграційним середовищем, яке об'єднує управління клієнтською базою, фінансами, запасами й персоналом. Його впровадження підвищує ефективність управління

мережею, мінімізує людський фактор і забезпечує високий рівень сервісу для клієнтів.

Особливу увагу слід приділити захисту персональних даних клієнтів і співробітників, адже інформація про бронювання, платежі й контактні дані повинна оброблятися відповідно до законодавчих норм [2]. Система передбачає наявність декількох рівнів користувачів: адміністратора, менеджера салону, майстра та клієнта. Адміністратор координує діяльність усієї мережі, менеджери контролюють роботу філій, майстри отримують розклад і історію записів клієнтів, а клієнти мають можливість здійснювати онлайн-бронювання, переглядати доступні послуги та залишати відгуки [4].

Для забезпечення ефективної взаємодії між салонами доцільним є впровадження єдиної бази даних, що синхронізується в режимі реального часу. Це дозволяє оперативно отримувати інформацію про завантаження філій, попит на послуги, наявність матеріалів і загальну фінансову ефективність. Важливою складовою є модуль аналітики, який забезпечує моніторинг ключових показників діяльності: кількості відвідувачів, середнього чеку, динаміки прибутку, рівня завантаження персоналу та сезонних тенденцій попиту. На основі цих даних формуються звіти для ухвалення управлінських рішень [4, 5].

Система також може включати модуль управління запасами, який автоматично фіксує використання витратних матеріалів, формує замовлення постачальникам і контролює залишки. Це допомагає зменшити ризик дефіциту або перевитрат продукції. Для підвищення якості обслуговування передбачається реалізація CRM-компоненту, який зберігає історію відвідувань, переваги клієнтів, дати важливих подій (наприклад, дні народження) та дозволяє формувати персоналізовані пропозиції [3].

Особливу роль відіграє безпека даних. Система повинна мати механізми аутентифікації користувачів, контроль доступу, резервне копіювання та захист персональної інформації клієнтів відповідно до законодавчих вимог. Управління мережею салонів також передбачає можливість інтеграції з бухгалтерськими програмами, платіжними сервісами та соціальними мережами, що забезпечує зручність і прозорість усіх бізнес-процесів.

Розробка такої системи може базуватись на вебтехнологіях із використанням клієнт-серверної архітектури, що забезпечує доступ з будь-якого пристрою та спрощує адміністрування. Завдяки впровадженню інформаційної системи управління мережею салонів краси досягається: підвищення ефективності роботи персоналу; зниження адміністративних витрат; покращення комунікації між

філіями; збільшення рівня задоволеності клієнтів; можливість стратегічного планування розвитку бізнесу на основі аналітичних даних.

Отже, впровадження інформаційної системи управління мережею салонів краси є важливим етапом цифрової трансформації підприємства. Вона дозволяє автоматизувати основні процеси, забезпечити прозорість управління, оптимізувати ресурси та підвищити конкурентоспроможність на ринку послуг [1].

Використання інформаційних систем такого типу забезпечує підвищення ефективності управління, зменшення витрат часу на рутинні операції, скорочення помилок при плануванні й обліку, а також сприяє зростанню якості обслуговування клієнтів.

Подальший розвиток таких систем пов'язаний із розширенням функціональності, інтеграцією мобільних додатків для клієнтів і працівників, використанням хмарних технологій для зберігання та обміну даними між філіями.

Отже, інформаційна система управління мережею салонів краси є важливим інструментом цифрової трансформації бізнесу, який забезпечує узгодженість роботи всіх підрозділів, покращує комунікацію, сприяє підвищенню прибутковості та зміцненню конкурентних позицій підприємства на ринку послуг.

Список використаних джерел

1. CleverBox-CRM. Найфункціональніша українська CRM для салонів краси та косметологічних клінік. URL: <https://cleverbox-crm.com/crm-salon-krasy.html> (дата звернення: 09.10.2025).
2. Torgsoft. Автоматизація салону краси з Торгсофт. URL: <https://torgsoft.ua/soft/salon-krasoty/> (дата звернення: 09.10.2025).
3. USAP.online. Програма для салону краси | Автоматизація обліку та запису клієнтів онлайн в Україні. URL: <https://usap.online/blog/avtomatyzatsiia-salonu-krasy/> (дата звернення: 09.10.2025).
4. EasyWeek. Найкраща CRM система для салону краси. URL: <https://easyweek.com.ua/crm-dlya-saloniv-krasi.html> (дата звернення: 09.10.2025).
5. Altegio. Програма для салону краси, CRM та автоматизація для салонів краси. URL: <https://alteg.io/uk/beauty/> (дата звернення: 09.10.2025).

Бондаренко С. В.

*викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

Ковальчук М. В.

*здобувач третього (PhD) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

ТЕСТУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ В ЛОГІСТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Логістичні інформаційні системи (ЛІС) виступають цифровою інфраструктурою сучасних ланцюгів постачання, забезпечуючи ефективне управління ключовими операціями – від контролю запасів і складської логістики до маршрутизації та моніторингу вантажоперевезень у реальному часі. Надійність і безперебійна робота ЛІС мають вирішальне значення, адже навіть незначні збої можуть спричинити серйозні фінансові втрати, затримки поставок, зниження рівня обслуговування клієнтів і недотримання нормативних вимог. У цьому контексті тестування (Testing) та забезпечення якості (Quality Assurance, QA) виступають критично важливими етапами життєвого циклу систем, гарантуючи їх точність, стабільність і високу продуктивність у складних логістичних середовищах. [1].

На відміну від загальних бізнес-застосунків, ЛІС мають унікальні характеристики, які визначають пріоритети тестування:

1. логістичні інформаційні системи безпосередньо взаємодіють із фізичними пристроями та інфраструктурою, такими як сканери штрих-кодів, RFID-зчитувачі, автоматизовані складські комплекси та GPS-трекери – тому тестування має охоплювати перевірку апаратних інтерфейсів і точність обробки даних, що надходять із фізичних джерел у реальному середовищі;

2. оскільки логістичні процеси часто вимагають миттєвого реагування (наприклад, у системах відстеження, управління транспортом і складською логістикою), тестування повинно підтверджувати здатність системи обробляти великі обсяги даних із мінімальною затримкою та високою пропускну здатністю;

3. через глибоку інтегрованість ЛІС із внутрішніми корпоративними платформами (ERP, CRM) та зовнішніми інформаційними системами (перевізники, митні органи, електронна комерція), забезпечення якості потребує комплексного інтеграційного

та наскрізного (End-to-End) тестування для перевірки узгодженості та надійності взаємодії між усіма компонентами.

Забезпечення якості в логістиці стикається з кількома значними викликами:

- зростання обсягів електронної комерції та глобалізація вимагають, щоб ЛІС безперебійно працювали під піковими навантаженнями, нездатність обробити велику кількість транзакцій призводить до збоїв у ланцюзі постачання;
- неправильні дані про запаси, невірні тарифи або неточні адреси можуть спричинити фінансові втрати та затримки – необхідно ретельне тестування даних для гарантування їх цілісності та актуальності;
- логістика суворо регулюється (митні правила, міжнародні стандарти, безпека даних) – тестування повинно підтвердити відповідність (compliance testing) усім локальним та міжнародним нормам.

Ефективна стратегія забезпечення якості (QA) в логістиці передбачає комплексний підхід, що поєднує різні види тестування: функціональне, наскрізне, навантажувальне, безпекове, регресійне та UX-тестування – з метою гарантування стабільності, надійності та зручності використання логістичних інформаційних систем в умовах реального бізнес-середовища (табл. 1).

Таблиця 1 – Види тестування та їх призначення

Вид тестування	Опис та основна мета	Приклад для ЛІС
Наскрізне тестування (End-to-End)	Перевірка повного бізнес-процесу "від початку до кінця", включаючи взаємодію всіх задіяних систем та модулів у реальному сценарії використання.	Тестування повного циклу: "Замовлення – Склад – Доставка – Оплата" , із залученням ERP, TMS та інших суміжних систем.
Тестування продуктивності та навантаження	Оцінка здатності системи функціонувати стабільно при високому навантаженні, великому обсязі	Перевірка часу відгуку системи WMS при одночасному скануванні тисячами пристроїв або при масовому розрахунку

	транзакцій та одночасних користувачах.	маршрутів для сотень одиниць транспорту.
Регресійне тестування	Повторне виконання тестів після змін у коді для виявлення можливих порушень у вже реалізованому функціоналі.	Автоматизована перевірка цілісності функціоналу відстеження вантажів після оновлення модуля тарифікації.
Тестування безпеки	Виявлення потенційних вразливостей у системі, зокрема пов'язаних із доступом до конфіденційної інформації та критичних бізнес-даних.	Перевірка надійності контролю доступу до баз даних, що містять митні декларації або чутливу інформацію про вантажі та маршрути доставки.
Тестування зручності використання (UX)	Аналіз інтерфейсів системи на предмет зручності, інтуїтивності та доступності для кінцевих користувачів у реальних умовах експлуатації.	Оцінка зручності мобільного застосунку для водіїв під час підтвердження доставки, сканування вантажу або навігації маршрутом.

Сучасний підхід до забезпечення якості (QA) передбачає не лише виявлення дефектів, але й їх запобігання у логістичних інформаційних системах (ЛІС). Цей превентивний підхід реалізується через кілька ключових стратегій.

Автоматизація тестування є ключовою, оскільки впровадження інструментів автоматизації для регресійного тестування є життєво необхідним у ЛІС через часті оновлення тарифів, правил та інтеграцій. Автоматизація дозволяє значно прискорити цикл випуску продукту (Time-to-Market).

Додатково, застосовується принцип тестування на ранніх етапах (Shift Left). QA-інженери залучаються вже на етапі планування та розробки для перегляду вимог та архітектури, що допомагає виявити

потенційні проблеми якості ще до початку написання коду. При цьому модель якості, на яку орієнтується розробка системи, має відповідати міжнародним стандартам, таким як ISO/IEC 25010:2011 [2].

Критичним фінальним етапом є приймальне тестування користувачами (UAT). Під час нього залучаються логісти, менеджери складу та інші кінцеві користувачі для перевірки системи в умовах, максимально наближених до реальних операцій, підтверджуючи, що система відповідає фактичним бізнес-потреbam. Це безпосередньо стосується необхідності управління якістю логістичних процесів на підприємстві [3].

Нарешті, моніторинг після впровадження вимагає встановлення надійних систем, які відстежують продуктивність і логістичні показники в реальному часі після запуску. Це дозволяє проактивно виявляти збої, наприклад, зниження швидкості оновлення запасів, перш ніж це вплине на логістичні операції.

Якість логістичних інформаційних систем (ЛІС) є критичним чинником, що визначає функціональну ефективність, адаптивність і стійкість ланцюгів постачання. Високий рівень надійності, продуктивності та інформаційної цілісності ЛІС забезпечує не лише оперативну стабільність логістичних операцій, але й підтримує стратегічні переваги підприємства в умовах динамічного ринкового середовища. У цьому контексті інвестування в комплексні підходи до тестування та забезпечення якості, які охоплюють наскрізну верифікацію бізнес-процесів, оцінку продуктивності під навантаженням, точність обробки даних і забезпечення кібербезпеки, є не лише технічним імперативом, а фундаментальною складовою управління ризиками та забезпечення операційної стійкості. Лише за умови системного впровадження таких підходів ЛІС можуть гарантувати безперебійну, економічно обґрунтовану та конкурентоспроможну логістичну діяльність.

Список використаних джерел

1. Майєрс Г., Баджетт Т., Сандлер К. Мистецтво тестування програм. 3-тє вид. Київ : Діалектика, 2020. 272 с.
2. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. Женева : ISO, 2011.
3. Короленко Н. В. Управління якістю логістичних процесів на підприємствах: інтегральна парадигма. Ефективна економіка. 2013. №11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2013_11_49 (дата звернення: 14.10.2025).

УДК 004.738.5:656.073

Вайсов М. В.

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет імені Петра
Могили, м. Миколаїв, Україна*

Боровльова С. Ю.

*старша викладачка кафедри інженерії програмного
забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,
м. Миколаїв, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ ФРЕЙМВОРКІВ LANGCHAIN ТА LANGGRAPH ДЛЯ СТВОРЕННЯ БАГАТОАГЕНТНОГО РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ФАЙЛІВ

Автоматизація вантажоперевезень має кілька основних проблем, що потребують вирішення під час реалізації застосунку в даній предметній області. Одночасне використання різних систем керування на підприємстві призводить до проблем із синхронізацією даних, ускладненої координації роботи підрозділів та більших витрат на навчання працівників. Також досі поширене використання таблиць Microsoft Excel та паперових джерел даних, які потребують подальшого введення та обробки в комп'ютерних системах.

Для усунення цих недоліків можливо задіяти засоби штучного інтелекту, зокрема провайдерів BMM OpenAI та Anthropic. Системи на основі ШІ мають змогу приймати рішення в межах, заданих інструкцією, та користуватися можливостями програмного середовища, в якому здійснюються запити до них. Для зручного проєктування,

гнучкої реалізації, масштабування та підтримки в подальшому таких систем створено фреймворки LangChain, LangGraph, а також моніторингову платформу LangSmith для процесів, побудованих з використанням цих фреймворків.

LangChain — фреймворк для розробки застосунків, головне ядро бізнес-логіки якого реалізовано через взаємодію з великими мовними моделями. Він надає інтерфейси для основних компонентів систем, орієнтованих на використання штучного інтелекту, для спрощення розробки та усунення залежності від API окремих провайдерів [1]. Головний інтерфейс LangChain призначений для взаємодії з BMM, яка працює з даними у вигляді повідомлень і надає такі додаткові можливості:

1) Інструменти для взаємодії BMM із системою та зовнішніми сервісами. Вони є поєднанням програмної функції та схеми, яка описує формат параметрів та призначення для моделі.

2) Структурований формат відповіді. Провайдер моделі може приймати такий формат для забезпечення повернення відповіді у певному форматі, як-от JSON із певним набором полів, вимогами та описом щодо вмісту кожного поля.

3) Мультиmodalність. Надається можливість приймати дані у форматі, відмінному від текстового: «docx», «xlsx», «pdf» файли, зображення, аудіо та відео.

Реалізовано підтримку моделей для створення векторного представлення мультиmodalних даних з подальшим використанням при роботі з векторним сховищем даних, для якого також надається окремий інтерфейс, що дозволяє прив'язати модель векторного представлення для автоматичного переведення запиту у векторне представлення.

Надаються реалізації загальних інтерфейсів для отримання документів (представлення текстового вмісту, що може мати метадані та ідентифікатор, отриманий від сховища даних). Document loaders надають можливість завантаження документів без надання запиту, як-от: AirtableLoader для отримання даних із сервісу БД Airtable, DocxLoader для отримання даних із файлу «docx». Retrievers надають інтерфейс для отримання документів за запитом. На відміну від векторних сховищ, реалізація Retriever не має підтримки збереження документів.

Коли BMM надають можливість виклику інших програмних компонентів чи зовнішніх сервісів, часто виконується послідовність кроків до та після роботи моделі, яка називається **ланцюгом**. Цей підхід надає значний контроль над поведінкою та результатами моделі, але

також існує необхідність в наданні моделі контролю над поведінкою самої системи та вибором послідовності кроків, що виконуються після завершення роботи моделі. При такій концепції модель виступає в ролі **агенту**, оскільки визначає потік виконання програми. Є кілька варіантів реалізації агентної архітектури: маршрутизація, коли агенту надається можливість зробити одне рішення, обравши один із кількох варіантів подальшого виконання програми, і ReAct — надання агенту можливості планування та прийняття кількох рішень на власний розсуд згідно інструкцій, поки не буде реалізовано завдання, поставлене користувачем.

LangGraph надає можливість отримувати більш надійні результати при наданні агенту більшого контролю над системою шляхом представлення системи, в якій працює агент, у вигляді графу з ребрами, вершинами, а також станом, що містить вхідні та проміжні дані, які можуть бути використані елементами графу [2]. Кожна вершина являє собою функцію обраної мови програмування, яка отримує поточний стан графу, виконує певне завдання та може містити виклики до ВММ, і може створювати оновлення стану. Кожне ребро може бути або фіксованим зв'язком між вершинами, або функцією, що динамічно визначає, якій вершині необхідно передавати керування.

LangSmith надає графічний інтерфейс для моніторингу роботи компонентів LangChain та LangGraph, що дозволяє вивчати швидкість роботи системи, перевіряти поведінку ВММ при зміні запитів, бачити виклики інструментів, вхідні та вихідні дані процесу, вартість використання моделі [3].

Потенційна платформа для організації вантажоперевезень має відповідати зокрема таким критеріям в контексті інтеграції в існуючі бізнес-процеси:

- 1) можливість завантаження експортованих даних із існуючих систем незалежно від формату, в яких представлені дані;
- 2) можливість завантаження даних, що надіслані з паперових документів.

Процес фреймворку LangGraph, що реалізований на мові програмування TypeScript та задовольняє цим критеріям, зображений на рисунку 1.

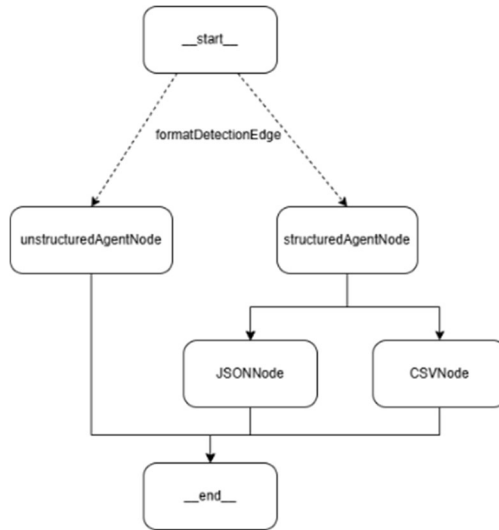


Рисунок 1 – Діаграма процесу обробки даних із файлів

Граф отримує в якості вхідних даних файл, і залежно від його типу, що визначається сигнатурою, керування передається далі за таким принципом:

1) «docx», «pdf», «xlsx», «txt», «png» та «jpg» файл становить значну складність для програмної обробки через наявну варіативність представлення даних, тому він оброблятиметься вершиною «unstructuredAgentNode»;

2) «json» та «csv» файли можливо обробити програмно, і оскільки поля з необхідними даними можуть бути різними, необхідна попередня оцінка формату даних для подальшої програмної обробки.

Вершина «unstructuredAgentNode» призначена для передачі файлу в ВММ із запитом щодо спроби отримання даних таких категорій: вантажі, транспорт, водії, склади, історія грузоперевезень. Модель повертає дані в структурованому вигляді.

Вершина «structuredAgentNode» призначена для визначення категорії та формату даних через ВММ і збереження в стані графу інформації про категорію та формат.

Вершини «JSONNode» та «CSVNode» призначені для використання файлу та інформації про категорію і формат з метою отримання повних даних.

Даний процес вирішує проблему інтеграції з різними системами завдяки інтелектуальній обробці даних незалежно від їх формату та

категорії, а проблема інтеграції паперових бізнес-процесів вирішується завдяки підтримці візуального формату даних. Це дозволяє спростити перехід до платформи та почати працювати з даними від різних систем без необхідності вводити дані вручну.

Список використаних джерел

4. Why LangChain. Langchain. URL: https://js.langchain.com/docs/concepts/why_langchain/ (date of access: 16.10.2025);
5. LangGraph overview. LangChain. URL: <https://docs.langchain.com/oss/javascript/langgraph/overview> (date of access: 16.10.2025);
6. LangSmith. LangChain. URL: <https://docs.langchain.com/langsmith/home> (date of access: 16.10.2025).

УДК 004.9

*Даниленко М. В.,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»,
Давиденко Є. О.,
канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

АНАЛІЗ УСПІШНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ТА ФОРМУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ВЕКТОРА

Сучасна цифровізація освіти зумовлює потребу в інформаційних системах, здатних не лише накопичувати результати навчання, а й аналізувати оцінки успішності здобувачів освіти для формування персоналізованих рекомендацій. В умовах дистанційного навчання та обмеженої комунікації викладача зі здобувачами виникає потреба в автоматизованих засобах оцінювання, що дозволяють визначати індивідуальний навчальний вектор кожного здобувача освіти.

Метою дослідження є розроблення підходу до формування персоналізованих рекомендацій на основі аналізу оцінок здобувачів освіти. Для досягнення цієї мети реалізовано систему, що аналізує дані про навчальні результати, виділяє закономірності та підтримує

викладача у прийнятті рішень щодо подальшої освітньої траєкторії здобувача.

Основні етапи аналізу успішності здобувачів освіти передбачають:

1) Збір та попередню обробку даних про оцінки здобувачів освіти з бази результатів тестувань і навчальних дисциплін.

2) Визначення ключових показників успішності (середній бал, динаміка результатів).

3) Побудову моделі дерева рішень, яка дозволяє виявляти закономірності між оцінками та рівнем успішності здобувачів освіти [1].

4) Формування персоналізованих рекомендацій щодо вдосконалення навчальної діяльності здобувачів.

5) Інтеграцію створеної моделі в існуючу систему тестування для автоматичного аналізу навчальних даних (рис. 1).

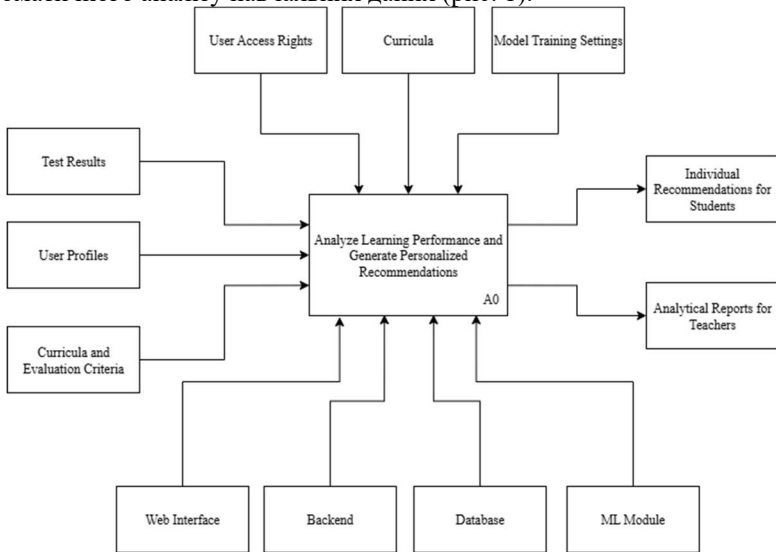


Рис. 1. Контекстна діаграма IDEF0 процесу аналізу успішності здобувачів освіти та формування персоналізованих рекомендацій

Запропонована система базується на методі дерева рішень, який забезпечує інтерпретованість результатів і дозволяє візуально представити логіку прийняття рішень [2]. Такий підхід дає змогу автоматизувати аналіз навчальних результатів і створити аналітичний інструмент підтримки викладача.

Розроблене рішення сприяє підвищенню ефективності оцінювання, зменшенню ручної аналітичної роботи, а також розвитку персоналізованого підходу до навчання. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем дистанційного навчання та розроблення інтелектуальних модулів підтримки освітнього процесу.

Список використаних джерел

1. Abana E. C. A decision tree approach for predicting student grades in Research Project using Weka. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019. Vol. 10, No. 7. – P. 1–7.
2. Decision Tree. Applied Machine Learning for Data Science Practitioners. 1st ed. Wiley Data and Cybersecurity, 2025. – С. 507–531. DOI: 10.1002/9781394155408.ch17.

УДК 004.4

*Дзина В. Ю.,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»,
Давиденко Є.О.,
канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ЗАСТОСУНОК ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ МЕБЛІВ З ФУНКЦІЄЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН

Онлайн-торгівля розвивається надзвичайно швидко. Щороку з'являються нові інтернет-магазини. Щоб утримати покупців, недостатньо лише пропонувати широкий асортимент. Важливим стає вміння аналізувати поведінку споживачів та передбачати зміни на ринку. Тому сучасні вебсистеми дедалі частіше інтегрують елементи штучного інтелекту та машинного навчання.

Меблева галузь має свою специфіку. На ціни впливають сезонні коливання, вартість сировини, транспортні витрати, курс валюти та соціально-економічні настрої. Для бізнесу це означає, що потрібно не просто фіксувати поточну ціну, а прогнозувати її зміни. Такий підхід допомагає ефективніше планувати закупівлі, оптимізувати склад і своєчасно реагувати на попит.

Метою дослідження стало створення інтернет-магазину меблів із стандартним набором функцій – перегляд каталогу, вибір товарів, оформлення замовлень – доповненим модулем прогнозування цін. Ідея полягає в тому, щоб поєднати торгову систему з аналітичним інструментом, який допомагає як покупцям, так і власникам бізнесу ухвалювати обґрунтовані рішення.

На початковому етапі проведено огляд існуючих рішень у сфері електронної комерції. Виявилось, що більшість популярних платформ орієнтовані на комфорт користувача та швидкість обслуговування, але не пропонують аналітичних функцій або прогнозування. Це підтвердило актуальність розробки вебзастосунку, який поєднає торгівлю й аналіз даних.

Для реалізації проєкту зібрано реальні дані про ціни на меблі, їхні характеристики, популярність та частоту оновлення інформації. Після очищення та нормалізації даних сформовано навчальний набір для моделей машинного навчання. Особлива увага приділялася вибору алгоритму, здатного враховувати складні взаємозв'язки між характеристиками товарів і змінами цін.

Було протестовано кілька моделей: лінійну регресію, Random Forest, нейронну мережу та XGBoost. Найкращий результат показав XGBoost – середня похибка прогнозування становила близько 2800 грн, а коефіцієнт детермінації (R^2) – 0,84. Модель виявилася стійкою до шумів і здатною швидко навчатися на великих обсягах даних.

На практиці це означає, що система може передбачити, як зміниться вартість певного товару протягом тижня чи місяця. Такі прогнози можна використовувати для формування гнучкої цінової політики та планування акцій і знижок.

Інтернет-магазин реалізовано як вебзастосунок із трирівневою структурою (табл. 1). Клієнтська частина дозволяє переглядати каталог меблів, фільтрувати товари, додавати їх до кошика та бачити прогнозовану зміну ціни. Серверна частина обробляє дані, взаємодіє з базою та викликає модель прогнозування. Для адміністратора передбачено панель керування, де можна відстежувати динаміку продажів, точність прогнозів та оновлювати дані.

Таблиця 1 – Функції користувачів

Користувач	Функції
Покупець	1) Перегляд каталогу, фільтрація, сортування. 2) Отримання прогнозованої ціни / тренду (через кнопку «Отримати прогноз») 3) Додавання у кошик, оформлення замовлення, вибір способу оплати/доставки. 4) Перегляд історії замовлень, статусів доставки.
Адміністратор/ менеджер	1) CRUD для товарів, категорій, атрибутів. 2) Перегляд аналітики продажів, прогнозованих цін та звітів. 3) Управління ролями і правами доступу.

Система побудована на поєднанні Python, PHP, Laravel, Vue, HTML, CSS та JavaScript. Для аналітичного модуля використано бібліотеки Scikit-learn і XGBoost. Такий стек забезпечує стабільність, простоту розгортання та масштабованість.

Під час тестування вебзастосунок продемонстрував високу стабільність і точність прогнозів. XGBoost ефективно обробляє числові та категоріальні дані і швидко оновлює прогнози при зміні параметрів. Це дозволяє інтегрувати систему в реальний бізнес без складної технічної підтримки.

Практичний результат – інструмент, який допомагає підприємцям адаптувати ціни до ситуації на ринку, а покупцям – вибирати оптимальний момент для покупки. Завдяки цьому система виступає не лише торговою платформою, а й аналітичним помічником.

Підсумовуючи, використання машинного навчання, зокрема XGBoost, у сфері онлайн-торгівлі меблями є перспективним. Це дозволяє створювати інтернет-магазини нового покоління – не просто каталоги, а динамічні аналітичні системи, які реагують на зміни ринку.

У майбутньому планується розширити функціонал. Зокрема, додати аналіз новинних потоків та соціальних трендів, які впливають на попит, а також інтегрувати модулі рекомендацій для прогнозування продажів окремих категорій меблів.

Таким чином, розроблений інтернет-магазин із функцією прогнозування цін може стати основою для реальних комерційних рішень. Він поєднує сучасні технології веброзробки, аналітику даних і машинне навчання, роблячи електронну комерцію більш розумною, гнучкою та орієнтованою на користувача.

Список використаних джерел

1. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. O'Reilly Media; 3rd edition, 2022. 861 p.
2. Chip Huyen. Designing Machine Learning Systems: An Iterative Process for Production-Ready Applications. O'Reilly Media; 1st edition, 2022. 386 p.
3. Kelleher J. D., Mac Namee B., D'Arcy A. Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics, 2015. 624 p.
4. Kevin P. Murphy. Probabilistic Machine Learning: Advanced Topics (Adaptive Computation and Machine Learning series). The MIT Press, 2023. 1360 p.

УДК 004.4

Дзундза Д. М.

*здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,
Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

Фісун М. Т.

*д-р. техн. наук, професор, професор кафедри інженерії
програмного забезпечення
Чорноморського національного університету імені Петра Могили
м. Миколаїв, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦІН НА БІРЖІ ЗАСОБАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сучасні фінансові ринки характеризуються високою динамічністю, нестабільністю та великим обсягом інформаційних потоків. У таких умовах класичні економетричні моделі, зокрема ARIMA або GARCH, втрачають ефективність через обмежену здатність адаптуватися до швидких змін структури даних. Використання методів штучного інтелекту (ШІ) дає змогу створювати більш гнучкі, адаптивні та масштабовані системи прогнозування, здатні враховувати як числові, так і текстові джерела інформації [2].

У роботі реалізовано гібридний підхід, що поєднує класичні статистичні методи із сучасними алгоритмами машинного та глибокого навчання. Рекурентні нейронні мережі (Long ShortTerm Memory (LSTM), Gated Recurrent Unit (GRU)) застосовано для моделювання часових залежностей, а трансформерні архітектури (Transformers) – для виявлення довгострокових трендів і нелінійних взаємозв'язків. Таке поєднання підвищує здатність моделі працювати зі

складними багатовимірними часовими рядами та покращує точність прогнозів навіть у періоди підвищеної волатильності [3].

Особливу увагу приділено інтеграції аналізу текстових даних із фінансових новин за допомогою технологій обробки природної мови (NLP). Модуль аналізу тональності (Sentiment Analysis) дозволяє кількісно оцінювати емоційне забарвлення новин і включати цей фактор у модель прогнозування як додаткову ознаку. Використання тематичного моделювання, класифікації новин та векторизації текстів (наприклад, Word2Vec, BERT) дає змогу підвищити чутливість системи до інформаційних подій і ринкових настроїв [1].

Для підвищення стійкості результатів реалізовано ансамблеві підходи (Random Forest, XGBoost), які комбінують прогнози різних моделей, мінімізуючи вплив викидів і нестабільних даних (рис. 1). Така стратегія дозволяє збалансувати точність і узагальнювальну здатність системи.

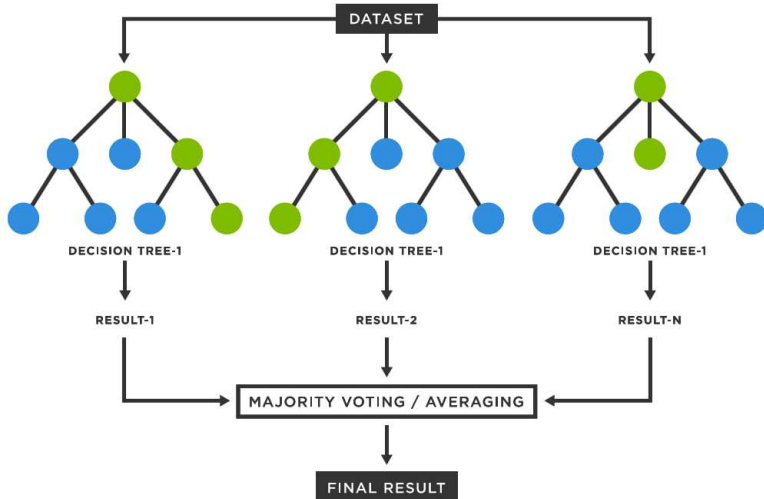


Рисунок 1 – Модель застосування Random Forest

У процесі моделювання також застосовано регуляризацію, оптимізацію гіперпараметрів (GridSearch, Bayesian Optimization) та нормалізацію даних, що підвищує стабільність роботи нейронних моделей.

Важливою складовою дослідження є аналіз взаємозв'язків між активами через побудову кореляційних матриць та їх подальшу

кластеризацію. Такий підхід дає змогу виявляти групи інструментів із подібною поведінкою, оптимізувати диверсифікацію портфеля та зменшити сукупний ризик. Кореляційний аналіз, поєднаний із результатами NLP-модулів, формує комплексну картину ринку, що покращує якість прогнозів і підтримує прийняття інвестиційних рішень [6].

Розроблена система має модульну архітектуру: блок збору та очистки даних, модуль аналітики новин, підсистему прогнозування цін і компонент візуалізації результатів. Такий підхід забезпечує масштабованість, можливість розгортання в хмарному середовищі та інтеграцію з MLOps-пайплайнами для автоматичного оновлення моделей. У результаті отримано інтелектуальну систему, здатну обробляти потоки фінансових даних у реальному часі, адаптуватися до змін ринку та формувати прогнози з урахуванням як кількісних, так і семантичних факторів [4].

Поєднання методів машинного навчання, глибоких нейронних мереж, NLP та кореляційного аналізу (рис.2) створює ефективну основу для прогнозування фінансових ринків. Такий підхід демонструє високу точність і стійкість до змін ринкових умов. Розроблена система може бути використана як інструмент для інвестиційного аналізу, оцінки ризиків і побудови торгових стратегій у середовищі високої невизначеності [5].

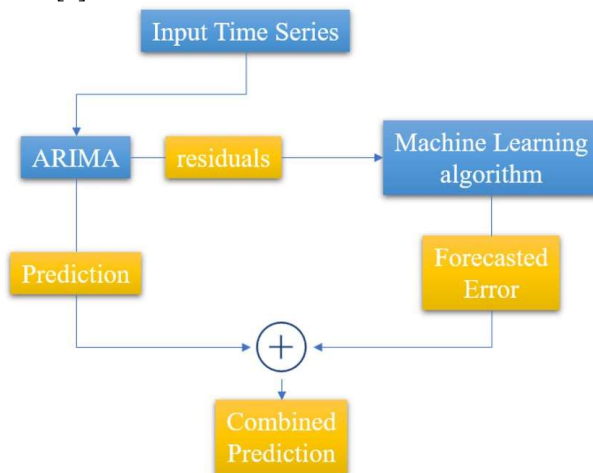


Рисунок 2 – Концептуальне відображення структури ПЗ

В майбутньому планується додати до системи модуль робити з Large language model (LLM), що дасть змогу враховувати вплив більшої кількості різних факторів.

Список використаних джерел

1. Shi Z., Hu Y., Mo G. et al. Attention-based CNN-LSTM and XGBoost hybrid model for stock prediction. arXiv preprint arXiv:2204.02623. 2022. DOI:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.02623>.
2. S. Abolmakarem A Multi-Stage Machine Learning Approach for Stock Price Prediction: Engineered and Derivative Indices. SSRN Electronic Journal. 2022. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4074883/>
3. Sen J., Mehtab S. A Time Series Analysis-Based Stock Price Prediction Using Machine Learning and Deep Learning Models. International Journal of Business Forecasting and Marketing Intelligence. 2020. Vol. 6, no. 1. P. 272. URL: <https://doi.org/10.1504/ijbfmi.2020.10038524>.
4. Liang L. ARIMA with Attention-based CNN-LSTM and XGBoost hybrid model for stock prediction in the US stock market. SHS Web of Conferences. 2024. Vol. 196. P. 02001. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202419602001> (date of access: 17.10.2025).
5. CNN based Stock Market Prediction. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2020. Vol. 9, no. 3. P. 840–846. URL: <https://doi.org/10.35940/ijeat.c5282.029320>.
6. X. Chen A multi-feature stock price prediction model based on multi-feature calculation, LASSO feature selection, and Ca-LSTM network. Connection Science. 2024. Vol. 36, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1080/09540091.2023.2286188> (date of access: 17.10.2025).

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКИХ НАБОРІВ ДАНИХ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У сучасних умовах цифровізації освіти одним із найперспективніших напрямів є використання великих наборів даних (Big Data) для аналізу освітніх процесів та підвищення якості навчання [1]. Це дає змогу ЗВО збирати, обробляти та інтерпретувати величезні обсяги інформації для підвищення ефективності навчання, персоналізації освітнього процесу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Навчальна аналітика базується на зборі, обробці та інтерпретації великих обсягів освітніх даних із метою вдосконалення освітнього процесу [2]. У доповіді розглянуто можливі перспективні напрями впровадження Big Data в освітню аналітику ЗВО та зроблено аналіз складності їхнього впровадження.

Аналіз сучасного розвитку предметної області, а саме ЗВО, дав змогу виокремити провідні джерела даних та їхні типи. Ці дані є різноманітними показниками навчальної активності здобувачів та можуть використовуватися в освітній аналітиці. До таких джерел даних можна віднести:

- навчальні платформи (LMS): активність здобувачів; час, проведений на ресурсах; результати тестів; форуми; завдання (Moodle, Google Classroom тощо);
- адміністративні системи ЗВО: академічна успішність, демографічні дані, історія відвідуваності, фінансові показники;
- цифрові інструменти: дані із систем вебінарів, бібліотечних ресурсів, студентських порталів, чат-ботів, віртуальних та розширених реальностей (AR/VR);
- опитування та зворотний зв'язок: результати анкетування здобувачів і викладачів, відгуки.

Моделі навчальної аналітики передбачають застосування методів інтелектуального аналізу даних, прогнозного моделювання та штучного інтелекту (ШІ) [3; 4]. Ґрунтуючись на цьому можна виокремити чотири основні напрями аналізу великих даних у ЗВО.

Перший напрям – це прогнозування та ідентифікація проблем, що полягає у виявленні здобувачів у зоні ризику. Так системи на основі машинного навчання (МН) можуть аналізувати дані про активність та успішність, щоби прогнозувати ймовірність відрахування або низької успішності. Це дає змогу вчасно надати підтримку (тьюторинг, консультації).

Другий напрям – це персоналізація навчання. Наприклад, створення адаптивних навчальних траєкторій ґрунтованих на аналізі стилю навчання, попередніх знань та поточних результатів. Система може рекомендувати індивідуальні навчальні матеріали, завдання або ресурси, найбільш релевантні для конкретного здобувача. Окрім цього, також перспективним є створення релевантних матеріалів. Аналіз великих наборів даних допомагає виявити патерни успішності та визначити, які навчальні матеріали чи методи оцінювання є найбільш ефективними для досягнення цілей.

Третій напрям – це оцінювання ефективності програм та викладання. Сюди входить аналіз навчальних планів та викладацької діяльності. Оптимізація навчальних планів ґрунтована на аналізі даних про те, які курси чи модулі спричиняють найбільші труднощі або, навпаки, є найбільш успішними. Це може допомогти краще планувати та коригувати їхній зміст. Аналіз викладацької діяльності може надати викладачам зворотний зв'язок щодо залученості здобувачів та ефективності їхніх методик, що сприятиме професійному розвитку.

Четвертий напрям – це адміністративна оптимізація до якої входить оптимізація ресурсів та автоматизація підтримки. Аналіз даних про використання аудиторій, бібліотечних ресурсів, часових витрат на адміністративні завдання може допомогти знизити витрати та підвищити продуктивність адміністративного персоналу. Використання чат-ботів та віртуальних помічників на основі ШІ для спрощення адміністративних завдань (відповіді на запитання, планування сесій), що підвищує ефективність процесу навчання.

Важливим моментом впровадження Big Data у будь-яку сферу є аналіз складності впровадження, що може визначати перспективність напрямку. Далі в доповіді зроблено аналіз складності впровадження Big Data в освітню аналітику ЗВО. Загалом, можна сказати, що складність залежить від рівня необхідної технологічної інфраструктури, інтеграції даних, необхідного експертного рівня та організаційної готовності. У табл. 1 представлено аналіз складності за основними напрямками зазначеними вище.

Таблиця 1 – Аналіз складності впровадження Big Data в освітню аналітику ЗВО

Аспект	Складність	Обґрунтування
1. Прогнозування ризику відрахування		
Збір та інтеграція даних	висока	Потребує інтеграції даних із багатьох джерел: LMS, адміністративні системи (оцінки, відвідуваність) та, можливо, системи фінансової чи соціальної підтримки. Дані часто різномірні та несумісні.
Аналітичні технології	середня/висока	Вимагає використання алгоритмів МН, наприклад, логістична регресія, дерева рішень для побудови точних прогностичних моделей. Потрібні фахівці з Data Science.
Організаційне втручання	середня	Потрібно не лише спрогнозувати ризик, але й розробити чіткі протоколи втручання (хто, коли та як зв'язується зі здобувачем), що вимагає координації між викладачами та адміністрацією.
Загальна складність	висока	Складність зумовлена потребою в надійній інтеграції Big Data та експертизі МН для створення моделі, яка буде справді точною і корисною.
2. Персоналізація навчання		
Збір та інтеграція даних	середня	Основна частина даних генерується всередині LMS (час, витрачений на ресурс, результати тестів, послідовність проходження).
Аналітичні технології	висока	Потребує складних рекомендаційних систем та адаптивних алгоритмів, які динамічно змінюють навчальну траєкторію. Часто вимагає розроблення або глибокої модифікації навчальної платформи.

Педагогічний дизайн	висока	Необхідне повне перероблення або адаптація контенту для підтримки адаптивності.
Загальна складність	дуже висока	Це найбільш технологічно та педагогічно складне завдання, оскільки вимагає глибокої інтеграції ІІІ безпосередньо в навчальний процес.
3. Оцінка ефективності програм та викладання		
Збір та інтеграція даних	середня/низька	Здебільшого використовує вже наявні адміністративні дані (оцінки) та дані LMS (залученість), інтегровані з інформацією про викладача та курс.
Аналітичні технології	середня	Застосовуються статистичні методи та кореляційний аналіз для виявлення зв'язку між стилем викладання та результатами. Не вимагає складного прогнозування.
Використання результатів	висока (організаційна)	Хоча технічна реалізація порівняно проста, впровадження змін у навчальні програми та надання зворотного зв'язку викладачам (особливо негативного) є складним організаційним завданням.
Загальна складність	середня	Технічно реалістична, але має високу організаційну складність, що вимагає обережного менеджменту змін.
4. Адміністративна оптимізація		
Збір та інтеграція даних	висока	ЗВО зазвичай мають розрізнені та ізольовані джерела даних. Необхідно інтегрувати великі обсяги різномірних даних (структурованих і неструктурованих) та забезпечити їхню якість, очищення та анонімізацію для

		подальшого використання в аналітиці. Це вимагає створення єдиної платформи даних.
Аналітичні технології	висока	Впровадження інструментів Big Data (наприклад, Hadoop, Spark) та рішень на основі ІІІ, зокрема, для автоматизації підтримки (чат-боти, віртуальні помічники). Це потребує спеціалізованого програмного забезпечення, високопродуктивних обчислювальних ресурсів та розроблення складних прогностичних моделей (наприклад, для прогнозування використання аудиторій або навантаження на персонал).
Організаційне втручання	висока	Потреба в значних організаційних змінах: перегляд робочих процесів адміністрації, створення нових регламентів роботи з даними та аналітичними звітами. Головний виклик – опір змінам серед адміністративного персоналу та дефіцит кваліфікованих кадрів, які можуть працювати із цими технологіями. Також необхідно забезпечити навчання наявного персоналу.
Загальна складність	висока	З огляду на високу складність інтеграції даних, необхідність значних фінансових інвестицій у технології ІІІ/Big Data, та високий рівень організаційних перетворень, напрям є стратегічно важливим, але високоризиковим та складним. Він вимагає значного часового ресурсу, значних інвестицій та

		лідерської підтримки на найвищому рівні ЗВО.
--	--	--

Отже, найвищу технологічну складність мають завдання, пов'язані з адміністративною оптимізацією, персоналізацією навчання та прогнозуванням відрахувань, оскільки вони вимагають інтеграції різномірних систем і використання складних алгоритмів МН. Завдання пов'язані з аналізом ефективності програм та викладання є простішими в технічному плані, але вимагають найбільшої уваги щодо організаційної готовності та управління персоналом. Однак, можна стверджувати, що загалом, Big Data та освітня аналітика трансформують вищу освіту, перетворюючи її з процесу, що ґрунтується на інтуїції, на процес, керований даними.

Список використаних джерел

1. Daniel, B. (2015). *Big Data and Analytics in Higher Education: Opportunities and Challenges*. British Journal of Educational Technology, 46(5), 904–920. <https://doi.org/10.1111/bjet.12230>
2. Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). *Utilising Learning Analytics for Study Success: Reflections on Current Empirical Findings*. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 15(4). <https://doi.org/10.1186/s41039-020-00125-3>
3. Zhang, L., & Fritze, P. (2022). *Predictive Learning Analytics in Higher Education: A Review of Theoretical and Empirical Work (2016–2021)*. Journal of Learning Analytics, 9(2), 1–25.
4. Romero, C., & Ventura, S. (2020). *Educational Data Mining and Learning Analytics: An Updated Survey*. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>

*Колесніков М. О.,
здобувач третього (PhD) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*
*Горбань Г. В.,
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інженерії програмного
забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

ОБ'ЄДНАННЯ CNN ТА TRANSFORMER ДЛЯ АНАЛІЗУ МЕДІАКОНТЕНТУ СТВОРЕНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У сучасному цифровому середовищі швидкісний розвиток генеративних нейронних мереж призвів до стрімкого зростання кількості медіаконтенту (зображень, відео, тощо), створеного з використанням ШІ. Технології нейронних мереж, як наприклад GAN (Generative Adversarial Networks), Diffusion Models та Autoencoder, дають можливість користувачам мережі Інтернет створювати контент з пустого місця для різноманітних цілей, прописавши всього пару слів. За крайні пару років можна виділити такі нейронні моделі, як Midjourney (для генерації зображень), Sora (для генерації відео), та ще десятки аналогів, які використовують текстові інструкції, задані користувачем, для створення контенту. Проблема виникає тоді, коли дані інструменти використовуються не в дозвіллі чи роботі, а в протиправних діях. Будь-яка така нейронна мережа створює ризики дезінформації, маніпуляцій у соціальних мережах, підробки медіадоказів, а також шахрайства. Звідси, відповідно, випливає і необхідність розробки різних підходів до виявлення медіаконтенту, створеного за допомогою ШІ.

Традиційні методи комп'ютерного зору, які використовують у власній архітектурі лише згорткові нейронні мережі (CNN), демонструють хороші результати у виявленні локальних ознак штучності зображень, таких як неоднорідні текстурні патерни, артефакти згладжування або аномалії у піксельних градієнтах. Проте, вони обмежені в здатності опрацьовувати глобальний контекст зображення або кадрів відео, тобто взаємозв'язок між усіма їх елементами, їхню просторову організацію та узгодженість композиції. Сюди можна віднести:

- розташування об'єктів відносно один одного на зображеннях або кадрах відео;
- узгодження залежності світла та тіні;
- відповідність масштабам та перспективам реальних об'єктів, тощо.

З іншого ж боку, архітектура Трансформер (Transformer) використовує під час навчання механізми самоуваги (self-attention), які добре опрацьовують всі вищезазначені елементи медіаконтенту, хоч і вимагають доволі великих обсягів даних та значних обчислювальних ресурсів.

Тому найкращим рішенням у виявленні ШЗ зображень і кадрів відео є використання гібридної архітектури CNN-Transformer, яка поєднує в собі локальний аналіз згорткових мереж, та глобальну обробку трансформерної моделі.

В таблиці 1 продемонстровано порівняння характеристик проаналізованих моделей:

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика моделей

Параметр	CNN	Transformer	CNN-Transformer
Основна функція	Локальний аналіз текстур, пікселів та артефактів	Глобальний контекстний аналіз	Комплексний аналіз локальних і глобальних ознак
Необхідний обсяг даних	Середня кількість даних	Велика кількість даних	Середня кількість даних
Обчислювальна складність	Низька	Висока	Середня
Узагальнювальна здатність	Висока при великій кількості тренувальних даних	Висока, але схильна до перенавчання	Збалансована
Основні недоліки	Ігнорування контексту медіаконтенту	Високі вимоги до ресурсів	Складність налаштування

Теоретично запропонована гібридна модель може включати в себе наступні модулі:

- Модуль попередньої обробки медіаконтенту, який виконує нормалізацію зображення або кадрів відео, вирівнює освітлення для

більш ефективного аналізу, а також виявляє та кадрує ключові ділянки контенту (наприклад обличчя на кадрах відео);

- Модуль вилучення ознак з використанням CNN-мережі на базі EfficientNet-B4, який обробляє зображення, формуючи тензори локальних ознак;

- Модуль глобальної обробки, який використовує механізм Multi-Head Self-Attention та нормалізаційні шари для побудови векторів глобальних залежностей між об'єктами;

- Модуль злиття ознак, для визначення пріоритетів та закономірностей між текстурними деталями та структурними зв'язками.

- Модуль класифікації, який складається з двої повнозв'язних шарів і вихідного нейрона з активацією Softmax, який повертає ймовірність того, що зображення є реальним («правдою») або згенерованим ШІ («неправдою»).

Серед теоретичних обмежень даної моделі можна виділити значні вимоги до потужності GPU та часу її навчання, а також необхідності встановлення балансу між CNN та Transformer гілками моделі, для уникнення дублювання ознак, за якими виявляється медіаконтент.

Потенційно дане поєднання моделей зможе забезпечити підвищення точності класифікації контенту на 5-10%, порівняно з використанням даних моделей окремо. На це вказують уже існуючі дослідження зі спробами поєднання даних двох моделей в схожих, але більш локальних сферах діяльності [1].

Отже, використання гібридної архітектури CNN-Transformer у створенні систем розпізнавання медіаконтенту, створеного ШІ, в теорії дозволить ефективніше виявляти ознаки штучності у зображеннях та кадрах відео, забезпечуючи вищу точність їх класифікації, що в подальшому дозволить мінімізувати ризики поширення дезінформації та використання такого контенту в протиправних цілях. Це дозволить забезпечити кращу інформаційну безпеку в сучасному суспільстві, де мережа Інтернет стала її невід'ємною частиною.

Список використаних джерел

1. Hybrid network of convolutional neural network and transformer for deepfake geographic image detection. Journal of Electronic Imaging, 2024. Vol. 33, P. 023007. DOI: 10.1117/1.JEI.33.2.023007.

Кубицький М. С.

*здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Горбань Г. В.

*канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інженерії програмного
забезпечення,*

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.

Миколаїв, Україна

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У СТВОРЕННІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ

В сучасному світі штучний інтелект має багато способів використання та займає певне місце серед побуту людини. Іноді навіть складно уявити, як вижити без агента помічника котрий як енциклопедія готовий розказати тобі те, чого ти зажадав. І для створення подібного або більш схожого агента існують інструменти, методи, ці методи називаються методи машинного навчання(ML).

Існує три основні методи машинного навчання: навчання з учителем; навчання без учителя; навчання з підкріпленням. Кожний метод має свою логіку надавання інформації та безпосередньо логіку навчання за даними. Ці методи використовують під певні задачі іноді комбінуючи з іншими методами. З розвитком технологій актуальність використання ML агентів стає більш значною, бо агенти залучені в різних сферах життя, наприклад автономні автомобілі Tesla, автоматичне налаштування продуктивності в ноутбуках Legion.

В розробці ігрових застосунків є актуально використання штучного інтелекту в різних елементах застосунку та таким чином створюються різні системи за призначенням, існує система, що налаштовують анімації без ручних налаштувань імітуючи певні характеристики, система, що імітує фізику води в середовищі під різними ефектами та станами, система оптимізації ресурсів застосунку. Якщо більш загально, то агентів ML у розробці ігрового застосунку використовують у:

- генерації контенту – створення текстур, моделей, рівнів, середовищ, наприклад процедурна генерація;
- тестування та контроль якості – використання агентів для проходження рівнів або проходження тест сценаріїв, балансування ігрового процесу, оптимізація ресурсів застосунку;

- локалізація – автоматичний переклад, локалізація мов;
- аналіз гравців – персоналізація контенту, аналіз поведінки гравців, збір даних гравців, прогнозування тенденцій;
- розробка ігрових механік – фізика елементів ігрового середовища, поведінка NPC, процедурна анімацій;
- генеративний контент – генерація сцен, сюжету, діалогів, завдань.

Хоча й ці системи є по своєму важливі, однак провести аналіз кожного методу для цих систем не зовсім можливо, бо кожна система вимагає своєї логіки навчання та взаємодії з даними. Однак є ланка в котрій є можливість використати кожен з методів та проаналізувати кожен у цій ланці ігрового застосунку і це є поведінка NPC.

Застосування методів машинного навчання для створення агентів поведінки неігрового персонажа є універсальним, бо сама поведінка не має певних правил з середовища або функціоналу, ці правила створює сам розробник, тому логіка навчання та отримання даних буде підпорядкована самим розробником.[1]

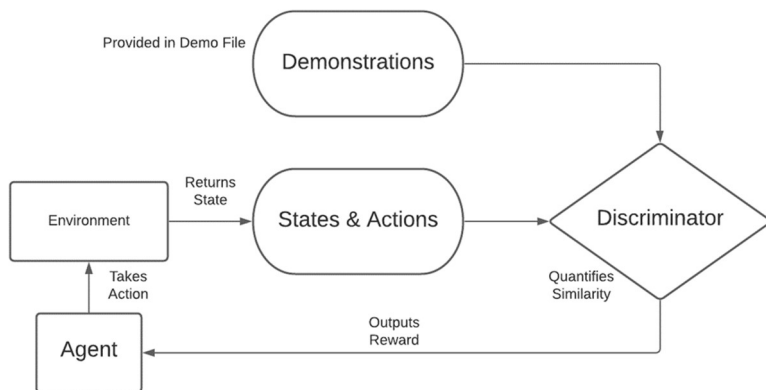


Рисунок 1 – Схема роботи агента в рушію Unity ML-agents

Наприклад, на рис.1 зображено схему роботи агента в рушію Unity із допомогою бібліотеки ML-agents. На цій схемі видно, що в агента є стани та реакції на ці стани, котрі переходять до взаємодії з середовищем, після взаємодії буде отримано новий стан з середовища.

Таким чином можна проаналізувати кожен метод машинного навчання та визначити їх ефективність в певній ланці.

Після проведення аналізу трьох агентів та збору даних було отримано дані за критеріями, час навчання, складність реалізації, результати матчів між агентом та гравцем, об'єм використаної пам'яті після навчання агентів. Аналіз показав, що в кожного методу є однаковий об'єм використаної пам'яті після навчання, результати матчів більш середній результат у всіх методів але навчання з учителем має кращий результат, щодо складності реалізації, то через те що рушій Unity має бібліотеку ML-agents з методом для навчання з учителем, метод навчання з учителем має перевагу за цим критерієм, щодо часу навчання, то він теж більш середній, але кращим є навчання з учителем.

Список використаних джерел

1. Intelligent NPCs with Unity's ML agents toolkit. arm community URL: <https://community.arm.com/arm-community-blogs/b/mobile-graphics-and-gaming-blog/posts/intelligent-npcs-with-machine-learning> (дата звернення: 20.10.2025)

Обухова. К. О.

*старша викладачка кафедри комп'ютерної інженерії,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Шмалько Б. І.

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

ASSIMILATE: НОВЕ ПОКОЛІННЯ СЕРВІСІВ ДЛЯ РОБОТИ З ШЕЙДЕРАМИ ТА 3D-МОДЕЛЯМИ

Сучасні вебсервіси для роботи з графікою та візуальними ефектами, зокрема ShaderToy, GLSL Sandbox тощо, стали важливими інструментами як для дослідження технологій комп'ютерної графіки та практики в написанні шейдерів для великої кількості платформ, так і для навчання програмуванню. Проте більшість подібних застосунків обмежені демонстрацією шейдерів на простих поверхнях (площина, сфера, куб) і не забезпечують повноцінної інтеграції з користувацькими 3D-моделями розробників і дизайнерів, текстурами чи складними постпроцесами (рис. 1). Деякі сервіси, навпаки, відійшли від практики роботи з об'єктами, зосереджуючись на оточенні.

Отже, мета даної роботи – розробити онлайн-сервіс нового покоління, що поєднає зручність вебплатформи з функціональністю професійних графічних редакторів шейдерів із використанням власних 3D-моделей.

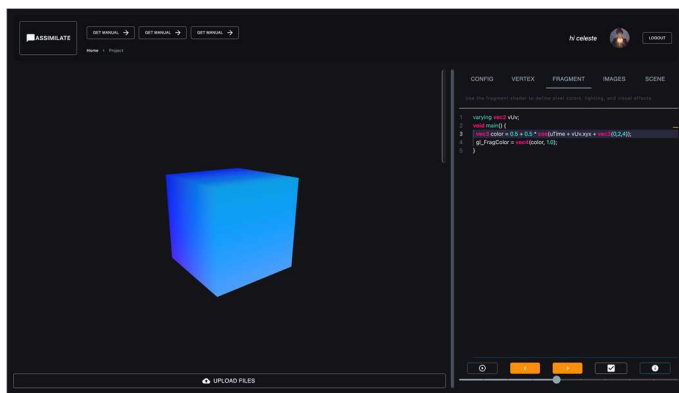
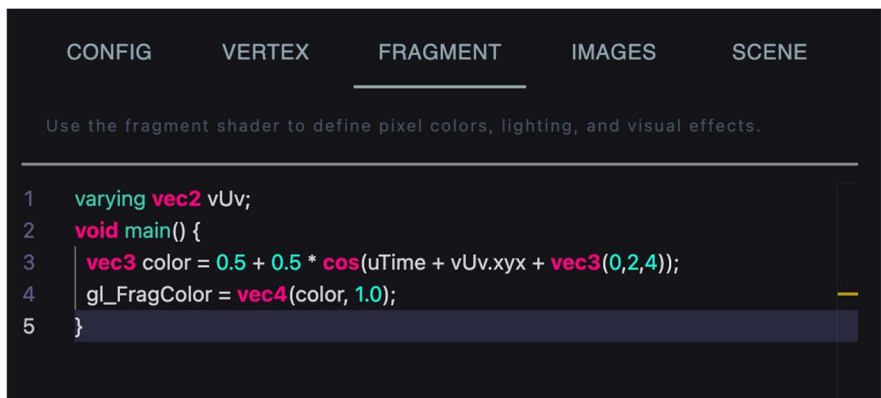


Рисунок 1 – Приклад застосування шейдера до примітива

Проект **Assimilate** розробляється як комплексне середовище, що поєднує зручність розробки оточення з функціональністю професійних графічних редакторів шейдерів: підтримує роботу з сіткою та UV-координатами об'єктів, дозволяючи змінювати властивості відображення та накладання елементів. Основна концепція полягає у можливості завантаження користувацьких 3D-моделей, на які можна накладати шейдери в реальному часі, експериментувати з освітленням, матеріалами, текстурами та ефектами постобробки, окремо налаштовуючи елементи оточення.

Для досвідчених користувачів передбачено повний доступ до функціоналу сервісу, включно з трьома редакторами – вершин, площин та оточення (рис. 2). Крім того, користувачі зможуть виконувати постобробку, застосовувати матеріали з оточенням та експериментувати з їх параметрами.



```
1  varying vec2 vUv;
2  void main() {
3      vec3 color = 0.5 + 0.5 * cos(uTime + vUv.xyx + vec3(0,2,4));
4      gl_FragColor = vec4(color, 1.0);
5  }
```

Рисунок 2 – Приклад GLSL-фрагментного коду

Для недосвідчених користувачів передбачено спрощений режим із мінімалістичною панеллю керування для ознайомлення, що дасть змогу візуально змінювати компоненти текстур, або додавати нові без використання складних інструментів та професійної термінології.

Важливим елементом є **валідація коду шейдерів**: перед змінами система перевіряє код на помилки, забезпечуючи стабільність виконання. Також, впроваджена система облікових записів, що дозволяє зберігати, публікувати роботи у профіль користувача та відстежувати їх популярність. При збереженні роботи, система автоматично генерує прев'ю проєкту, що зберігається у вигляді іконки і буде використовуватись для відображення іншим користувачам. Крім

того, можна створити GIF-анімацію або відео, що демонструє динаміку шейдера (рис. 3).

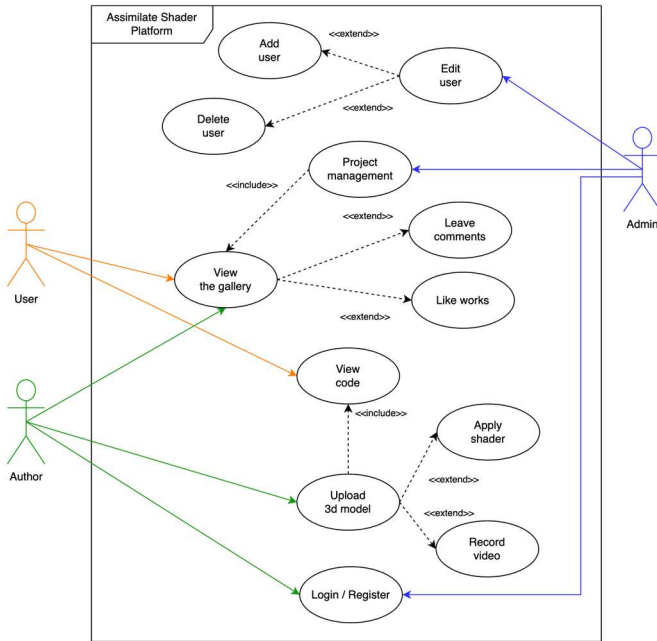


Рисунок 3 – Діаграма варіантів використання

Користувацький профіль у системі дозволяє зберігати створені проекти, ділитися ними з іншими учасниками спільноти та відстежувати статистику переглядів і рівень популярності. Кожна робота, збережена користувачем, отримує власний унікальний ідентифікатор, який через систему «індексів» може бути винесений на головну сторінку робіт, якщо автор цього забажає. Завдяки цьому інші користувачі отримують змогу переглядати, оцінювати та коментувати представлені матеріали, що сприяє активному обміну думками.

Кожен опублікований проект супроводжується відкритим кодом шейдера, що забезпечує прозорість усіх модифікацій і налаштувань. Такий підхід формує середовище для розвитку спільноти авторів, де важливими є не лише кінцеві технічні результати, але й сам процес співпраці, можливість навчання один в одного, обміну досвідом та творчого змагання. У результаті система стає не просто майданчиком

для демонстрації робіт, а й простором для колективного зростання та натхнення.

Assimilate Shader Platform поєднує навчальну та творчу складові, забезпечуючи розширені можливості для роботи з шейдерами та 3D-графікою без потреби у встановленні додаткового програмного забезпечення. У перспективі платформа може стати як інструментом для освіти, так і базою для створення інноваційних графічних ефектів, сприяючи розвитку цифрових технологій та інтерактивної візуалізації.

Список використаних джерел

1. Kessenich J., Baldwin D., Rost R. The OpenGL Shading Language, Version 4.60.8. URL: <https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/gl/GLSLangSpec.4.60.pdf> (Last accessed: 13.10.2025).
2. Gonzalez Vivo P., Lowe J. The Book of Shaders. URL: <https://thebookofshaders.com/> (Last accessed: 13.10.2025).
3. de Vries J. Learn OpenGL. URL: <https://learnopengl.com/About> (Last accessed: 13.10.2025).

УДК 004

Раленко В. С.

*викладач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

Стоєв Є. Д.

*викладач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

ГЕНЕРАЦІЯ ШАБЛОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ FIREBASE STUDIO

У сучасній розробці програмного забезпечення ключову роль відіграє автоматизація процесів створення інтерфейсів, структур даних та логіки взаємодії між клієнтом і сервером. Одним із напрямів цієї автоматизації є генерація шаблонів (template generation), яка дає змогу швидко створювати повторювані компоненти застосунків.

В екосистемі Google важливе місце займає Firebase - платформа для створення масштабованих мобільних та веб-застосунків. Останні роки спостерігається тенденція до інтеграції Firebase Studio - сучасн о ї хмарн

ої платформи, що забезпечує широкий спектр можливостей для розробників і команд проєктів. Її функціонал охоплює всі ключові етапи створення, тестування та розгортання застосунків.

Firebase Studio дозволяє легко переносити існуючі застосунки до свого середовища, імпортуючи локальні архіви або підключаючи репозиторії з таких популярних платформ, як GitHub, GitLab чи Bitbucket - як публічні, так і приватні. Це дає змогу швидко розпочати роботу над уже наявними проєктами без додаткової ручної конфігурації.

Платформа пропонує розширену підтримку численних мов програмування та фреймворків, а також велику бібліотеку готових шаблонів і прикладів застосунків. Серед підтримуваних мов та технологій -Go, Java, .NET, Node.js, Python Flask; серед фреймворків - Next.js, React, Angular, Vue.js, Android, Flutter тощо. Розробник може розпочати роботу, обравши готовий шаблон або приклад із галереї, а за потреби створити власний шаблон і поділитися ним з іншими користувачами.

Firebase Studio інтегрована з системою Gemini у Firebase, що забезпечує можливість створення прототипів і публікації повноцінних веб-застосунків за допомогою агента App Prototyping. Завдяки мультимодальним підказкам можна генерувати застосунки, використовуючи не лише текстові інструкції природною мовою, але й зображення чи графічні ескізи. Це значно пришвидшує процес створення прототипів і полегшує взаємодію між розробником та системою.

Під час розробки користувач має доступ до інтелектуальної підтримки від Gemini AI на всіх рівнях робочого процесу. Допомога реалізується через інтерактивний чат, генерацію коду, автоматичне виконання інструментів, пропозиції для вбудованого редактора коду тощо. Gemini у Firebase допомагає писати програмний код і документацію, виправляти помилки, створювати й запускати модульні тести, керувати залежностями, працювати з контейнерами Docker та вирішувати пов'язані конфлікти.

Firebase Studio побудовано на основі відкритого проєкту Code OSS і працює у повноцінному середовищі віртуальної машини (VM), розміщеній на інфраструктурі Google Cloud. Користувач може змінювати майже всі параметри робочого середовища за допомогою Nix: від системних пакетів і мовних інструментів до конфігурацій IDE, попереднього перегляду застосунків і налаштування редактора. Крім того, можна ділитися як самим проєктом, так і його конфігурацією, створивши власний шаблон середовища розробки.

Firebase Studio дозволяє переглядати веб- і Android-застосунки безпосередньо в браузері, використовуючи вбудовані сервіси для тестування, налагодження та емуляції. Завдяки глибокій інтеграції з екосистемою Firebase та Google Cloud розробник може, наприклад, запускати Firebase Local Emulator Suite прямо з інтерфейсу Studio. Це надає можливість ретельно протестувати сервіси -Firebase Authentication, Cloud Functions, Cloud Firestore, Cloud Storage, Firebase App Hosting і Firebase Hosting -до моменту офіційного публікування застосунку.

Генерація шаблонів (template generation) -це процес автоматичного створення фрагментів коду, структур бази даних, інтерфейсів або конфігураційних файлів на основі заданих параметрів і правил.

Основна мета полягає у:

- зменшенні кількості рутинних дій розробника;
- забезпеченні уніфікації архітектури застосунку;
- спрощенні оновлення та підтримки коду;
- підвищенні продуктивності команди.

В основі шаблонів лежить принцип DRY (Don't Repeat Yourself), який усуває дублювання коду, зберігаючи при цьому узгодженість між компонентами. В якості прикладу генерації шаблонів розглянемо запит з таким текстом: «Create a full-stack web application template using .NET 8 for the backend (ASP.NET Core Web API) and React 18 for the frontend. The project should include: A main page displaying a list of products loaded from Firestore. Each product should include an image, title, price, and description. Implement Firebase Authentication for user login (email/password and Google sign-in). Add a protected admin panel for adding, editing, and deleting products. Use Firebase Cloud Storage for storing product images. Configure Firestore rules for secure read/write operations by user roles. Integrate the .NET API with Firestore for server-side validation. Use Material UI components for the React interface. Include routing between pages (Home, Product Details, Admin Panel). Generate and link all project files for both .NET backend and React frontend within the same Firebase Studio workspace. Provide the generated source code and ready-to-run templates for immediate deployment on Firebase Hosting and Cloud Run.»

Під час результату виконання запиту Firebase Studio обрав самостійно дизайн з колірною схемою біло-синьо-пурпурового дизайну з використанням шрифтів “Poppins” (sans-serif) для заголовків та “PT Sans” (sans-serif) для тіла тексту та отримано графічний інтерфейс з кодом до нього як відображено на рисунку 1.

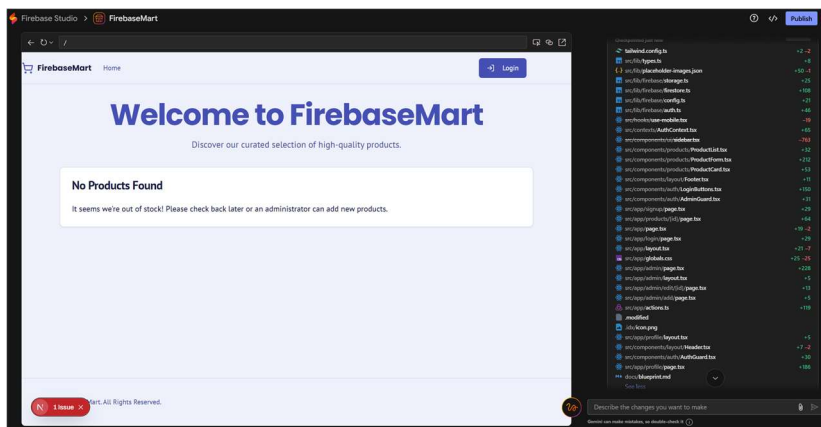


Рисунок 1 – Результат запиту до Firebase Studio

В якості результату запиту отримуємо Next.js проєкт з попереднім переглядом сторінки та згенерованим кодом для роботи з Firebase. Попередній перегляд сторінки інтерактивний, наприклад відразу доступні дії з активними кнопками та переходи між різними вікнами та елементами інтерфейсу, як наприклад виклик вікна авторизації в застосунок під час натискання на кнопку “Login”

Результат генерації кращий ніж під час виникнення середовища, але приклад показав що ще не всі технології враховуються під час створення застосунку.

Решетнік Ю.В.

*старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Козут І.І.

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

ІНТЕГРОВАНІЙ ВЕБПОРТАЛ ДЛЯ ШКОЛИ

У сучасному світі освітні установи все більше залежать від онлайн-інструментів для ефективної комунікації, управління даними та просування своїх послуг. Вебсайт будь-якої школи виступає невід'ємним елементом її діяльності, слугуючи справжнім мостом між навчальним закладом та зовнішнім середовищем, що включає батьків, потенційних учнів, партнерів, громаду та навіть місцевих медіа [2]. З швидким розвитком цифрових технологій та зростанням ролі онлайн-комунікацій, школи стикаються з нагальною необхідністю ефективного представлення інформації для всіх зацікавлених сторін. Це не тільки допомагає оперативно поширювати новини, досягнення школи та контактні дані, але й сприяє підвищенню прозорості, довіри та загальної репутації закладу. Особливо важливим є те, що якісно спроектований сайт, може значно підвищити залучення батьків та громади, демонструючи програми школи, її досягнення та подій, що в свою чергу сприяє створенню інклюзивного середовища [3]. Наприклад, вебсайт може стати первинним ресурсом для батьків, які шукають інформацію про школу перед прийняттям рішення про вступ дитини, тим самим впливаючи на збільшення кількості учнів.

Не менш важливим для освітнього процесу, є наявність освітнього порталу, який забезпечує централізований доступ до навчальних матеріалів, сприяє інтерактивному навчанню. Освітній портал створює важливий інформаційний простір, для здобувачів освіти та викладачів, дозволяючи їм організовувати навчання відповідно до індивідуальних потреб, що особливо корисно в умовах дистанційної форми [1]. Це не тільки зменшує навантаження на вчителів, але й усуває інформаційні бар'єри, роблячи процес навчання більш гнучким і персоналізованим.

Існуючі шкільні вебсайти та освітні портали, мають певні недоліки. Сайти є статичними, перевантажені інформацією, що робить їх хаотичними, змушуючи користувачів відвідувачів губитися серед інформації [2]. Відсутність мобільної адаптивності є поширеною

проблемою, що являється незручно для всіх користувачів. Традиційні LMS(Learning Management System), як наприклад Moodle, фокусуються на навчанні, але ігнорують публічну презентацію, що ускладнює брендинг [1]. Open-source платформи часто не є повноцінними рішеннями, а лише базовими шаблонами, які вимагають додаткових зусиль для кастомізації та інтеграції, призводячи до прихованих витрат на підтримку.

Наявність освітнього порталу як частини вебсайту додає значної цінності, перетворюючи сайт на повноцінну платформу для всіх учасників освітнього процесу. Така платформа може забезпечувати авторизованим учасникам захищений доступ до навчальних матеріалів, оцінок, завдань, форумів та інструментів для дистанційного навчання, що особливо актуально в умовах гібридної освіти. Інші учасники системи, такі як гості матимуть доступ лише до публічної інформації, що забезпечує баланс між відкритістю та безпекою. Створена діаграма варіантів(рис. 1), для детального відображення взаємодії користувачів зі системою.

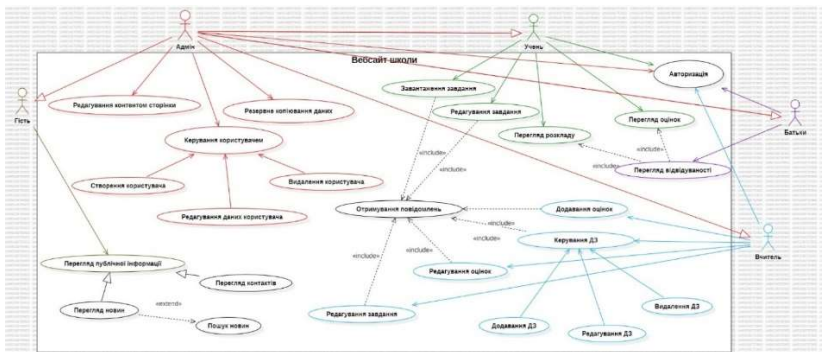


Рисунок 1 – Діаграма варіантів використання

Дана діаграма відображає взаємодію між усіма учасниками системи. Адміністратор може виконувати всі функції інших акторів та також він відповідає за керування користувачем(створення, редагування, видалення), редагування контенту сторінки та створення резервних копій даних. Гість може переглядати публічну інформацію, зокрема новини та контакти школи, а також здійснювати пошук новин. Учень має можливість переглядати розклад занять, оцінки, завантажувати й редагувати завдання. Батьки можуть переглядати відвідуваність та успішність своїх дітей. Вчитель має доступ до керування домашнім завданням, що включає додавання, редагування та видалення. Крім того,

вчитель може додавати та редагувати оцінки учнів. Кожна взаємодія користувача із системою, після авторизація, включає механізм формування та доставку повідомлення, іншим користувачам.

Таким чином, вебсайт з інтегрованим освітнім порталом є важливим кроком для шкільної освіти, дозволяючи поєднувати публічну презентацію сайту з захищеним навчальним середовищем.

Список використаних джерел

1. Web-портал освітньо-наукового середовища як базовий елемент сучасного навчального процесу URL: <https://horizons.vpi.kpi.ua/article/view/240558> (дата звернення: 06.10.2025).

2. Why Schools Need Good Websites: The Key to Building Trust and Engagement. URL: <https://nrt.co.in/why-schools-need-good-websites-boost-trust-engagement/> (дата звернення: 17.09.2023).

3. 5 Reasons You Need School Website Design Services URL: <https://www.redsharkdigital.com/news/why-school-website-important> (дата звернення: 17.09.2023).

УДК 004.8

*Руденко Ж. М.,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»,
Давиденко Є. О.,
канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ РИЗИКУ ДІАБЕТУ

Сучасний розвиток медицини нерозривно пов'язаний з активним впровадженням інформаційних технологій, які дозволяють підвищувати ефективність діагностики, лікування та профілактики різних захворювань. Однією з найбільш актуальних проблем сучасної охорони здоров'я є цукровий діабет – хронічне ендокринне захворювання, яке характеризується порушенням обміну глюкози в організмі. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, кількість хворих на діабет невинно зростає і вже перевищує 500 мільйонів осіб

у світі. Прогнози свідчать, що у найближчі десятиліття ця цифра може подвоїтися [1]. Особливу небезпеку становить той факт, що значна частина випадків захворювання діагностується на пізніх стадіях, коли вже виникають ускладнення.

У зв'язку з цим особливого значення набувають системи раннього виявлення ризику розвитку діабету, які дозволяють своєчасно визначати групи підвищеного ризику та застосовувати профілактичні заходи. Традиційні методи скринінгу часто вимагають значних матеріальних та часових витрат, тоді як інтелектуальні інформаційні системи на основі методів штучного інтелекту і машинного навчання забезпечують автоматизацію процесів аналізу медичних даних, підвищують точність прогнозів та дозволяють мінімізувати людський фактор [2].

Науково-практичне значення теми полягає в тому, що розробка інтелектуальної системи раннього виявлення ризику діабету сприятиме підвищенню якості медичних послуг, зниженню навантаження на лікарів та медичний персонал, а також дозволить зменшити витрати на лікування за рахунок своєчасної профілактики. Такі системи можуть застосовуватися як у медичних закладах, так і в рамках індивідуального моніторингу стану здоров'я пацієнтів.

Необхідність нової розробки обумовлена тим, що існуючі програмні рішення або є комерційними і недоступними для широкого використання, або ж не забезпечують достатнього рівня точності прогнозування. Водночас у світовій науковій спільноті активно проводяться дослідження у сфері застосування штучного інтелекту для медицини. Провідні університети та компанії, зокрема Stanford University, MIT, IBM, Google Health, працюють над розробкою моделей, здатних виявляти ризики хвороб на основі великих масивів даних [3]. Проте багато з цих рішень зосереджені на глобальному рівні та потребують адаптації до конкретних умов, зокрема для використання в українських медичних закладах.

Основні проєктні рішення цієї роботи спрямовані на створення системи, яка поєднує алгоритми машинного навчання з інтерфейсом користувача, реалізованим у середовищі Angular. Вона повинна забезпечувати зручний введення та обробку даних, автоматичне формування прогнозів ризику та можливість подальшої інтеграції з іншими медичними інформаційними системами.

Сфера застосування результатів включає державні та приватні медичні заклади, лабораторії, центри сімейної медицини, а також персональні застосунки для пацієнтів, які прагнуть здійснювати моніторинг власного стану здоров'я.

Таким чином, обрана тема є актуальною, має як наукове, так і практичне значення, а результати дослідження можуть стати підґрунтям для подальшого розвитку систем підтримки прийняття рішень у медицині та підвищення ефективності профілактики цукрового діабету.

Розробка призначена для створення інтелектуальної системи, яка дозволяє своєчасно оцінювати ризик розвитку цукрового діабету на основі введених користувачем даних. Основною особливістю системи є застосування методів машинного навчання без серверної інфраструктури: усі обчислення виконуються у браузері за допомогою TensorFlow.js, а інтерфейс користувача реалізовано на Angular.

Аналіз системи (табл. 1) включає в себе огляд існуючих проблем у сфері ранньої діагностики діабету та визначення ключових вимог, які мають бути враховані при розробці. Основними проблемами є відсутність простих у користуванні онлайн-інструментів, складність доступу до професійних діагностичних систем для широкого кола користувачів та необхідність захисту конфіденційних даних.

Таблиця 1 – Аналіз системи, що розробляється

Пункт аналізу	Опис
Функції	1) введення медичних показників – користувач вводить дані (вік, вага, зріст, індекс маси тіла, рівень глюкози тощо); 2) прогнозування ризику – система аналізує дані за допомогою моделі TensorFlow.js та формує результат (низький /середній/високий ризик); 3) візуалізація результатів і відображення прогнозу у вигляді графічних індикаторів та діаграм; 4) збереження історії – можливість збереження попередніх результатів у локальному сховищі браузера.
Користувачі	1) пацієнти, які бажають самостійно перевірити свій ризик захворювання; 2) лікарі, що використовують систему як допоміжний інструмент у профілактичних оглядах; 3) здобувачі освіти та дослідники для навчальних і наукових цілей.
Сценарії роботи	1) користувач відкриває вебзастосунок у браузері;

	2) вводить особисті дані: вік, вага, зріст, рівень глюкози тощо; 3) система аналізує дані за допомогою моделі TensorFlow.js; 4) користувач отримує результат у вигляді прогнозу ризику та графічної візуалізації; 5) при бажанні користувач зберігає результати у локальному сховищі.
--	--

Першочерговим завданням є визначення потреб користувачів: пацієнтів, які очікують простий та доступний інструмент для самоперевірки; лікарів, яким важлива швидка допоміжна оцінка стану пацієнта; та дослідників, що потребують інструмента для навчальних чи наукових цілей.

Розробка такої системи має значну наукову й практичну цінність, адже сприятиме підвищенню якості медичних послуг, зниженню навантаження на лікарів і витрат на лікування за рахунок своєчасної профілактики. Вона також має потенціал до масштабування й подальшої інтеграції з медичними інформаційними системами. Необхідність створення подібного рішення зумовлена тим, що більшість існуючих програмних продуктів є комерційними, обмеженими у доступності або не забезпечують достатньої точності прогнозування, тоді як адаптована до українських умов система дозволить зробити діагностику більш доступною та ефективною.

Список використаних джерел

1. World Health Organization. Global report on diabetes. Geneva : WHO, 2016. 86 p. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257> (дата звернення: 22.09.2025).
2. Kavakiotis I., Tsave O., Salifoglou A., Maglaveras N., Vlahavas I., Chouvarda I. Machine learning and data mining methods in diabetes research. Computational and Structural Biotechnology Journal. 2017. Vol. 15. P. 104–116. DOI: 10.1016/j.csbj.2016.12.005.
3. Rajkomar A., Dean J., Kohane I. Machine learning in medicine. New England Journal of Medicine. 2019. Vol. 380, № 14. P. 1347–1358. DOI: 10.1056/NEJMra1814259.

Садовський. О. О.

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

Кандиба. І. О.

*PhD, старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБКИ БОТА ДЛЯ DISCORD

У сучасному цифровому середовищі онлайн-комунікації відіграють ключову роль у формуванні спільнот, управлінні процесами та забезпеченні ефективної взаємодії між користувачами. Якщо ще два десятиліття тому зв'язок із родичами чи колегами з-за кордону вимагав значних витрат і технічних зусиль, то сьогодні цифрові платформи надають можливість спілкуватися миттєво, безплатно та з високою якістю звуку й відео.

Одним із провідних інструментів для такої комунікації став “Discord” – застосунок, який спочатку набув популярності як більш сучасний і зручний аналог “Skype”. Його популярність була зумовлена низкою переваг: сучасним “user-friendly” інтерфейсом, стабільністю роботи, оптимальним використанням ресурсів системи, а також можливістю створювати великі групи користувачів і спільноти. Завдяки постійним оновленням і гнучкості налаштувань Discord швидко став універсальним середовищем для комунікації, координації та співпраці [1].

Discord, як одна з найбільш популярних платформ, поєднує функції спілкування, координації та адміністрування, дозволяючи організовувати спільноти різного спрямування – від освітніх і професійних до ігрових.

Зокрема, велика кількість користувачів, які займаються відеоіграми, масово перейшли у Discord, створюючи численні сервери, де кількість учасників могла сягати сотень і навіть тисяч. У таких умовах ручне адміністрування стало малоефективним, адже людині важко постійно відстежувати порушення правил, модерувати контент і підтримувати активність.

З ростом кількості учасників виникає необхідність автоматизації рутинних процесів, контролю активності та збору аналітики, що робить створення ботів невід’ємним елементом сучасного адміністрування серверів.

Боти дозволяють автоматично реагувати на порушення, фільтрувати неприйнятні повідомлення, нараховувати активність користувачам, видавати ролі чи покарання, а також забезпечувати розважальні функції – наприклад, відтворення музики або генерацію контенту [2]. Таким чином, роль ботів переросла з допоміжної у центральну частину функціонування великих спільнот.

Використання бібліотеки Disnake мовою Python дає змогу розробити універсального бота, який забезпечує швидку реакцію на події, автоматизоване керування сервером та інтерактивну взаємодію з учасниками. Disnake реалізує асинхронну обробку команд і подій, що дозволяє боту стабільно працювати у середовищі з великою кількістю користувачів без блокування основного потоку виконання [3]. Бібліотека також підтримує роботу з базами даних – наприклад SQLite, створення інтерактивних елементів інтерфейсу – Embed, Modal, Button, а також спрощує підключення сторонніх API та інтеграцій.

Саме завдяки своїй гнучкості Disnake стала однією з найзручніших бібліотек для створення ботів у Discord. Вона має зрозумілу документацію, підтримує розширення функціоналу користувацькими модулями й надає можливість використовувати об'єктоорієнтований підхід при проектуванні системи.

Модульна архітектура бота на основі системи Cogs забезпечує логічне розділення функцій та спрощує подальше розширення системи. Серед реалізованих модулів – підсистема модерації з контролем доступу та покараннями, фільтрація небажаного контенту, система внутрішньої валюти та рівнів активності, а також механізм генерації користувацьких ролей. Додатково передбачено логування дій користувачів, резервне копіювання даних і відновлення після збоїв, що підвищує надійність та стабільність роботи бота.

Таке розділення функціональних модулів дозволяє не лише підтримувати стабільність системи, а й швидко додавати нові можливості без порушення роботи наявних частин коду. Це відповідає сучасним принципам розробки програмного забезпечення, де особлива увага приділяється масштабованості та повторному використанню компонентів.

Окрему увагу приділено створенню вебпорталу для адміністрування та запрошення бота на сервери, розробленого на основі фреймворку Laravel [4]. Портал дозволяє керувати конфігурацією, переглядати детальні журнали активності, додавати або відключати модулі, а також підключати бота до потрібних серверів без необхідності програмних навичок (рис. 1). Інтерфейс порталу інтегровано з Discord API, що

забезпечує зручну панель управління, контроль користувачів та швидку настройку бота під конкретні потреби спільноти.



Рисунок 1 – Мокап розроблюваного вебпорталу

Наявність такого вебпорталу значно розширює можливості адміністрування, адже дозволяє власникам серверів налаштовувати роботу бота у зручному графічному середовищі. Це робить систему доступною не лише для розробників, а й для звичайних користувачів, які прагнуть оптимізувати роботу своєї спільноти без необхідності писати код.

Розроблений бот поєднає переваги асинхронного програмування, подієвої архітектури та модульної структури, демонструючи ефективність сучасних інструментів автоматизації цифрових комунікацій. Його можна адаптувати під різні типи спільнот, додавати нові інтерактивні функції, інтегрувати з зовнішніми сервісами. Крім того, бот сприяє розвитку цифрових навичок, підвищенню продуктивності взаємодії учасників та формуванню інтерактивного комунікаційного середовища.

У майбутньому передбачено розширення функціоналу шляхом додаткових модулів, інтеграцій із зовнішніми сервісами та вдосконалення вебпорталу для більш зручного керування. Такий підхід забезпечує гнучке та перспективне рішення, яке можна адаптувати під потреби різних спільнот та продовжувати розвиток цифрової взаємодії на серверах Discord.

Загалом, створення універсального Discord-бота на основі бібліотеки Disnake є важливим кроком у напрямку автоматизації

цифрових комунікацій, адже поєднує ефективність, масштабованість і зручність використання, що робить його потрібним серед адміністраторів сучасних онлайн-спільнот.

Список використаних джерел

- 1) Discord | History, Features, & Facts. URL: <https://www.britannica.com/topic/Discord> (дата звернення: 13.10.2025)
- 2) What Is A Discord Bot, Some Examples And Some Tips To Do The Best. URL: <https://www.xenioo.com/whats-is-a-discord-bot/> (дата звернення: 13.10.2025)
- 3) Welcome to disnake. URL: <https://docs.dinsnake.dev/en/latest/index.html> (дата звернення: 14.10.2025)
- 4) Laravel - The PHP Framework For Web Artisans. URL: <https://laravel.com/> (дата звернення: 14.10.2025)

УДК 004.81

Somriakov B. O.,

applicant for the first level of higher education (bachelor's degree)

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Borovlyova S. Yu.,

senior lecturer at the Department of Software Engineering

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

PREFERENCE FUNCTION MODELS FOR COMPARATIVE ANALYSIS OF DECISIONS IN AREAS OF UNCERTAINTY

The preference function method is a mathematical tool used to model and analyze decision-making under conditions of uncertainty [1]. It provides a way to formalize subjective preferences (optimistic or pessimistic positions) and compare alternatives in a systematic way [2]. The approach is based on constructing preference curves around a given working point that represents the neutral or baseline decision state [3]. By shifting or rotating these curves, different decision attitudes can be captured.

When the working point is specified, the parameter A is introduced to balance its coordinates and is defined by formula (1).

$$A = \left(\frac{e_{WP,1} + e_{WP,2}}{2} \right) = \text{const} \quad (1)$$

The general form of the preference function is represented by a parabola, as shown in formula (2). This expression reflects the basic relationship between the two variables.

$$x_2 = k \cdot x_1^2 \quad (2)$$

Depending on the decision-maker's attitude, the parabola can take pessimistic or optimistic forms, which are expressed in formulas (3) and (4).

$$x_2 = k_1 x_1^2 \quad (3)$$

$$x_2 = -k_2 x_1^2 \quad (4)$$

The coordinates of the working point itself are given in formula (5). Here, both coordinates are set equal to the constant A.

$$e_{WP,1} = A, e_{WP,2} = A \quad (5)$$

In order to account for orientation, the preference curves are rotated by 45°. The transformed coordinates after this rotation are expressed in formulas (6) and (7).

$$x'_1 = x_2 \cos(\varphi) - x_1 \sin(\varphi) + e_{WP,1} \quad (6)$$

$$x'_2 = x_2 \cos(\varphi) + x_1 \sin(\varphi) + e_{WP,2} \quad (7)$$

Finally, the trigonometric relations used in this transformation are shown in formula (8). These formulas show how to rotate the coordinate system by 45° so that the working point stays at the center and the shape of the preference curve is preserved in the new orientation.

$$\cos(45^\circ) = \sin(45^\circ) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

Figure 1 illustrates the Preference Function Method in a two-dimensional decision space defined by criteria X and Y. The Utopian Point (UP), marked with a green cross in the top-right corner, represents the ideal solution where all criteria reach their best possible values, while the Anti-Utopian Point (AUP), shown as a red diamond in the lower-left corner, represents the least desirable solution where all criteria take their worst values. The Working Point (WP), indicated by a purple circle, serves as the neutral baseline for evaluating alternatives.

The orange square spans between UP and AUP, delimiting the feasible decision region. The Neutral Preference Line (solid brown line) passes through the Working Point and represents an unbiased evaluation of

alternatives, whereas the Optimistic Preference Function (red dashed curve) models a decision-maker inclined toward favorable outcomes, and the Pessimistic Preference Function (blue dashed line) represents more pessimistic outcomes.

Candidate alternatives E1–E10, plotted as blue points, are positioned relative to the Working Point and preference functions, illustrating how different decision attitudes (neutral, optimistic, pessimistic) affect their evaluation.

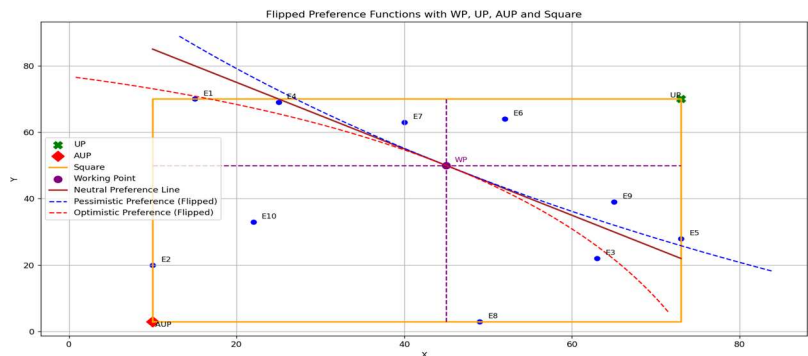


Fig 1 – Preference functions

While the Preference Function Method is often illustrated in two dimensions, the same approach can be naturally extended to higher dimensions. By introducing a third criterion Z, the preference functions that were previously expressed as lines in the 2D case become preference surfaces in 3D space.

Figure 2 shows this extension, where the Utopian Point (UP, green cross) and the Anti-Utopian Point (AUP, red diamond) again define the best and worst possible outcomes, while the Working Point (purple sphere) provides the neutral reference for evaluation. The Neutral Preference Surface (brown), the Pessimistic Preference Surface (blue), and the Optimistic Preference Surface (red) represent different attitudes toward decision-making under uncertainty.

Candidate alternatives E1–E10 (blue points) are now positioned within this three-dimensional decision space, allowing for a richer and more realistic evaluation of trade-offs among multiple criteria. This extension demonstrates that the Preference Function Method is not limited to simple visualizations but can be generalized to multidimensional contexts by directly constructing preference surfaces.

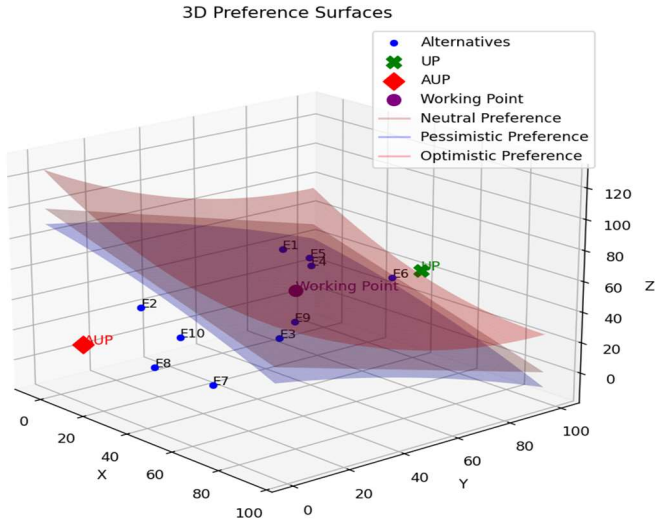


Fig 2 – Preference functions in three-dimensional space

Preference function models provide a flexible and systematic framework for the comparative analysis of decisions in areas of uncertainty. By introducing reference points such as the Utopian and Anti-Utopian points, along with the Working Point, these models capture both objective evaluations and subjective decision-making attitudes (neutral, optimistic, and pessimistic). Their formulation allows alternatives to be compared consistently, while the extension from two-dimensional preference lines to three-dimensional preference surfaces demonstrates the scalability of the method to complex, multi-criteria problems. Overall, preference function models offer a robust tool for formalizing and analyzing choices when outcomes are uncertain and decision-maker attitudes play a critical role.

REFERENCES

1. Haskell, W. B., Huang, W., & Xu, H. (2018). Preference Elicitation and Robust Optimization with Multi-Attribute Quasi-Concave Choice Functions. arXiv:1805.06632.
2. Zhao, S., Liu, J., Kadziński, M., Liao, X., & Wang, Y. (2024). A Probabilistic Preference Learning Approach for Multiple Criteria Ranking in Dynamic Decision Context. SSRN.
3. Wu, Q. (2025). Bi-Attribute Utility Preference Robust Optimization. *European Journal of Operational Research*, 292(2), 679–692.

Somriakov B. O.,*applicant for the first level of higher education (bachelor's degree)
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine***Ralenko V. S.,***lecturer at the Department of Software Engineering,
Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine***GEOMETRIC PERSPECTIVES ON WORD EMBEDDINGS AND
SEMANTIC SIMILARITY: IMPLEMENTATION AND ANALYSIS**

In recent years, vector representations of words, also known as word embeddings, have become a fundamental tool in natural language processing [1]. These embeddings allow words to be mapped to high-dimensional vectors in such a way that semantic relationships are preserved geometrically [2].

In word embeddings, each word from a vocabulary is represented as a numerical vector in a high-dimensional space. These vectors are typically stored in a lookup table (matrix), where each row corresponds to a word and each column corresponds to a feature of the embedding [3].

Each component of the resulting vector is obtained by subtracting the corresponding component of one vector from another and then adding the component of a third vector [4]. The resulting vector is expected to be close to a target vector that represents a meaningful semantic concept [5]. The first formula (1) applies this operation in 3D space, while the second (2) does the same in two dimensions.

$$\vec{R} = (R_x, R_y, R_z) = (A_x - B_x + C_x, A_y - B_y + C_y, A_z - B_z + C_z) \approx (T_x, T_y, T_z) \quad (1)$$

$$\vec{R} = (R_x, R_y) = (A_x - B_x + C_x, A_y - B_y + C_y) \approx (T_x, T_y) \quad (2)$$

Figure 1 illustrates semantic vector arithmetic in 3D and 2D spaces: in 3D, “king – man + woman ≈ queen,” with vectors for “king,” “man,” and “woman” shown in blue and the resulting vector in red close to “queen,” while in 2D, “cat – kitten + dog ≈ puppy,” with vectors for “cat,” “kitten,” and “dog” in green and the resulting vector in red near “puppy,” demonstrating that vector arithmetic in embedding spaces can capture meaningful semantic relationships.

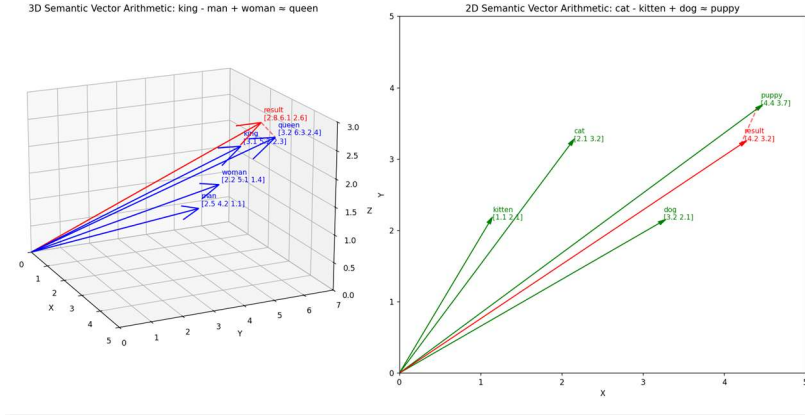


Fig 1 – Preference functions

Word vectors are trained so that words appearing in similar contexts are close together in a vector space while unrelated words are far apart, and the training objective maximizes the probability of actual context words using the softmax formula (3). As a result, vector differences encode meaningful semantic relationships, allowing arithmetic like “king – man + woman $\approx$ queen” to work.

$$P(c|w) = \frac{e^{\vec{c} \cdot \vec{w}}}{\sum_{c' \in V} e^{c' \cdot \vec{w}}} \quad (3)$$

The formula (4) updates a target word’s vector during training by slightly moving it in the direction of its context words to reduce prediction error: for each context word, it calculates the difference between the actual occurrence (1 if the word appears in the context, 0 otherwise) and the predicted probability from the softmax, multiplies that difference by the context word’s vector, sums over all context words, and scales by the learning rate η , adding this adjustment to the target vector gradually makes it closer to vectors of words that appear in similar contexts and farther from unrelated words, allowing semantic relationships to emerge.

$$\vec{w} \leftarrow \vec{w} + \eta \sum_c (\text{actual}_c - P(c | w)) \vec{c} \quad (4)$$

Table 1 shows, for each target word, the nearby context words within a window of two words and the corresponding probabilities that each context word appears near the target. The probabilities simulate the model’s learned

likelihoods from training, so higher numbers indicate words more strongly associated with the target (like “queen” with “king”), while lower numbers indicate less likely or weaker associations (like “man” with “king”), illustrating how word embeddings capture semantic relationships by assigning higher similarity to words that co-occur frequently.

Table 1 – Context words and probabilities.

Target Word	Context Words (within window=2)	Probabilities
king	queen, royal, throne, man	0.5, 0.2, 0.2, 0.1
queen	king, royal, throne, woman	0.4, 0.2, 0.2, 0.2
man	king, person, human, woman	0.3, 0.3, 0.2, 0.2
woman	queen, person, human, man	0.4, 0.2, 0.2, 0.2
apple	fruit, red, tree, sweet	0.5, 0.2, 0.2, 0.1
fruit	apple, red, sweet, tree	0.4, 0.2, 0.3, 0.1
throne	king, queen, royal, palace	0.3, 0.3, 0.2, 0.2

Cosine similarity (5) provides a measure of how closely related two words are in meaning, with higher values indicating that the words tend to appear in similar contexts and share stronger semantic relationships, making it useful for tasks like finding synonyms or analogies in a vector space.

$$\text{similarity}(w_1, w_2) = \frac{\vec{w}_1 \cdot \vec{w}_2}{|\vec{w}_1| |\vec{w}_2|} \quad (5)$$

Vector arithmetic in word embeddings is approximate because the relationships captured by the vectors are learned from statistical patterns in text rather than explicit rules. While operations like “king – man + woman $\approx$ queen” often work, they reflect tendencies across the corpus rather than perfect semantic logic, and the high-dimensional embeddings encode many overlapping relationships, so results may be close but not exact [6].

Figure 2 shows the simulated training process of word vectors in a 2D space, where each word is represented by a uniquely colored trajectory that moves gradually toward its context words over multiple iterations, illustrating how related words form semantic clusters while the labels are kept separate for clarity.

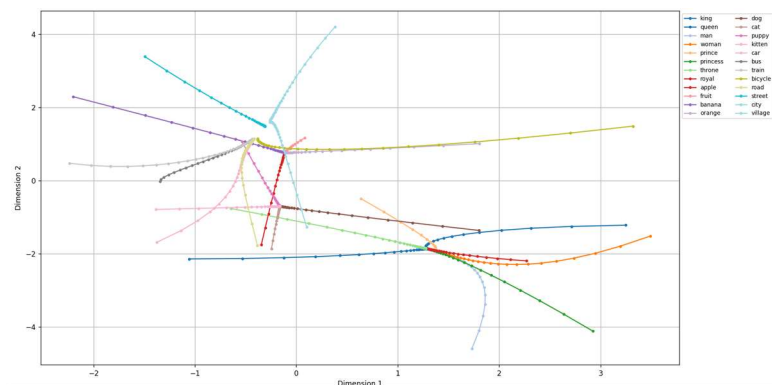


Fig 2 – Training Process of Word Vectors

Word embeddings provide a powerful way to represent words as vectors in a high-dimensional space, where semantic relationships are reflected through geometric structure. Training aligns words that occur in similar contexts, allowing meaningful associations to emerge and be measured with similarity functions.

While the arithmetic of vectors is approximate and grounded in statistical patterns rather than strict rules, it captures essential tendencies of language. Visualizations of training highlight the gradual organization of words into coherent clusters, illustrating how semantic structure forms naturally.

Furthermore, these embeddings support a wide range of natural language processing tasks, such as analogy solving, semantic search, and text classification, and they enhance interpretability by revealing latent patterns in word usage.

Altogether, this framework demonstrates the considerable strength of embedding models in capturing nuanced linguistic relationships, reflecting subtle patterns of meaning across words, while also highlighting their broad practical utility in a wide range of computational and natural language processing applications.

REFERENCES

1. Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., & Jauvin, C. (2003). A neural probabilistic language model. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 1137–1155.
2. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. *arXiv preprint arXiv:1301.3781*.
3. Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 3111–3119).
4. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of NAACL-HLT* (pp. 4171–4186).
5. Peters, M. E., Neumann, M., Iyyer, M., Gardner, M., Clark, C., Lee, K., & Zettlemoyer, L. (2018). Deep contextualized word representations. In *Proceedings of NAACL-HLT* (pp. 2227–2237).
6. Szymański, J. (2024). Enhancing word embeddings for improved semantic alignment. *MDPI Electronics*, 14(24), 11519.

УДК 004.75

Стоєв Є. Д.

*викладач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

Раленко В. С.

*викладач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МЕДІА-ДИСТРИБУЦІЇ В ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ: BROADCAST-ПІДХІД

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та зростання обсягів мультимедійного контенту особливого значення набувають ефективні методи його розповсюдження в межах локальних корпоративних мереж. Одним із перспективних підходів до вирішення цієї задачі є використання *Broadcast*-моделі, яка забезпечує одночасну передачу даних до множини клієнтських вузлів трансляції без необхідності встановлення індивідуальних з'єднань. Такий механізм

дозволяє суттєво знизити навантаження на серверні ресурси, оптимізувати мережевий трафік та забезпечити високу швидкість доставки медіа-контенту.

Розробка програмного забезпечення для реалізації *Broadcast*-дистрибуції в розподілених клієнт-серверних системах потребує комплексного підходу, що включає аналіз архітектурних моделей, вибір протоколів передачі даних, забезпечення масштабованості та стійкості до збоїв. Особливу увагу слід приділити питанням синхронізації потоків, управління доступом до ресурсів, а також інтеграції з існуючими інфраструктурними компонентами корпоративної мережі.

Під час аналізу предметної області, було виділено декілька ключових проблем. При розробці програмного забезпечення для дистрибуції медіа-контенту із застосуванням *Broadcast*-моделі в розподілених клієнт-серверних системах є відсутність детермінованості доставки даних до всіх вузлів мережі. Широкомовна передача не передбачає механізмів підтвердження отримання контенту, що ускладнює контроль за його повноцінною доставкою та обробкою на стороні клієнта. Це особливо критично у випадках трансляції синхронізованого мультимедійного потоку, де затримки або втрати фрагментів можуть призвести до порушення цілісності сприйняття інформації.

Додатковим викликом є забезпечення синхронізації між клієнтськими вузлами, оскільки *Broadcast*-модель не гарантує одночасного прийому даних усіма учасниками. В умовах корпоративної мережі, де мультимедійний контент може містити часові маркери або залежати від точного порядку кадрів, необхідне впровадження додаткових механізмів узгодження часу, таких як протоколи *NTP* або *RTP*, а також вбудовані тайм-коди у медіа-потік.

Проблема безпеки також є актуальною, оскільки широкомовна передача ускладнює реалізацію автентифікації та шифрування на рівні окремих клієнтів. Відсутність індивідуального каналу зв'язку не дозволяє застосовувати традиційні методи контролю доступу, що створює ризики несанкціонованого отримання конфіденційного контенту. Для вирішення цієї проблеми доцільним є впровадження токенів доступу, цифрових сертифікатів або попередньої автентифікації клієнтів перед початком трансляції.

Ще одним аспектом є масштабованість системи. Зі збільшенням кількості клієнтських вузлів зростає навантаження на мережеву інфраструктуру, що може призвести до перевантаження каналів зв'язку та втрати пакетів. Для оптимізації трафіку рекомендується

використання *VLAN*-сегментації, а також механізмів *QoS* для пріоритизації медіа-потоків.

Нарешті, відсутність зворотного зв'язку у *Broadcast*-моделі ускладнює моніторинг стану доставки та діагностику збоїв. Впровадження систем журналювання, логування подій та візуалізації статусу прийому на клієнтських вузлах дозволяє частково компенсувати цю проблему та забезпечити базову аналітику ефективності трансляції.

Особливу увагу слід приділити аналізу мережевих протоколів, що забезпечують ефективну передачу даних. Серед найбільш релевантних рішень варто розглянути протоколи рівня транспортної та мережевої взаємодії, зокрема *UDP*, *RTP*, *IGMP* та *Multicast DNS*. Протокол *UDP*, завдяки своїй технічній реалізації, забезпечує мінімальні затримки при передачі, що є критично важливим для потокового медіа, однак не гарантує доставку, що потребує додаткових механізмів контролю. Протокол *RTP (Real-time Transport Protocol)* дозволяє структурувати медіа-потік із часовими мітками та номерами пакетів, що сприяє синхронізації та відновленню порядку кадрів на стороні клієнта. *IGMP (Internet Group Management Protocol)* забезпечує управління *Multicast*-групами, дозволяючи оптимізувати маршрутизацію широкомерного трафіку в межах локальної мережі. *Multicast DNS*, у свою чергу, може бути використаний для автоматичного виявлення клієнтів у динамічному середовищі без централізованого сервера. Комплексний аналіз зазначених протоколів дозволяє обґрунтувати вибір оптимальної комбінації для реалізації надійної, масштабованої та синхронізованої системи дистрибуції медіа-контенту в корпоративному середовищі.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що розробка програмного забезпечення для дистрибуції медіа-контенту із застосуванням *Broadcast*-моделі в розподілених клієнт-серверних системах локальної корпоративної мережі потребує комплексного підходу, який враховує специфіку мережевої інфраструктури, вимоги до синхронізації, безпеки та масштабованості. Визначено, що ефективна реалізація такої системи можлива лише за умови ретельного вибору протоколів передачі даних, впровадження механізмів контролю доставки, а також застосування гібридних архітектурних рішень. *Broadcast*-модель, попри її обмеження, може забезпечити високопродуктивну трансляцію контенту за умови належної технічної оптимізації та інтеграції з інструментами моніторингу та управління доступом. Отримані результати створюють основу для подальших досліджень у напрямку підвищення надійності та функціональної гнучкості таких систем у корпоративному середовищі.

Тебенко А. В.

*здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»,*

Давиденко Є. О.

канд. техн. наук, доцент,

*завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКУ СТОМАТОЛОГІЧНОЇ КЛІНІКИ З ФУНКЦІЄЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДВІДУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ

У сучасних умовах цифрової трансформації системи охорони здоров'я все більшої актуальності набувають інтелектуальні інформаційні системи, які здатні не лише зберігати та обробляти медичні дані, але й передбачати поведінкові патерни пацієнтів. Однією з найактуальніших задач у діяльності стоматологічних клінік є оптимізація розкладу прийомів та зменшення кількості неявок пацієнтів. Часті пропуски запланованих візитів призводять до простоїв у роботі лікарів, втрати прибутку та неефективного використання ресурсів.

З цією метою актуальною є розробка вебзастосунку стоматологічної клініки з функцією прогнозування відвідування пацієнтів, який поєднує можливості управління записами, аналітики та алгоритмів машинного навчання (МН). Основна ідея полягає у створенні системи, здатної на основі історичних даних передбачати ймовірність неявки пацієнта та допомагати адміністраторам приймати оптимальні рішення.

Застосунок складається з кількох модулів, які взаємодіють між собою (рис. 1):

- модуль керування записами пацієнтів – забезпечує створення, редагування та перегляд записів на прийоми;
- аналітичний модуль – збирає статистику за відвідуваністю, середнім часом обслуговування, частотою неявок;
- модуль прогнозування – реалізує алгоритми МН для оцінки ймовірності неявки;
- модуль взаємодії з лікарями – дозволяє керувати робочим графіком, надсилати повідомлення та сповіщення;
- інтерфейс адміністратора – надає доступ до результатів прогнозування, звітів та рекомендацій щодо повторного нагадування пацієнтам.

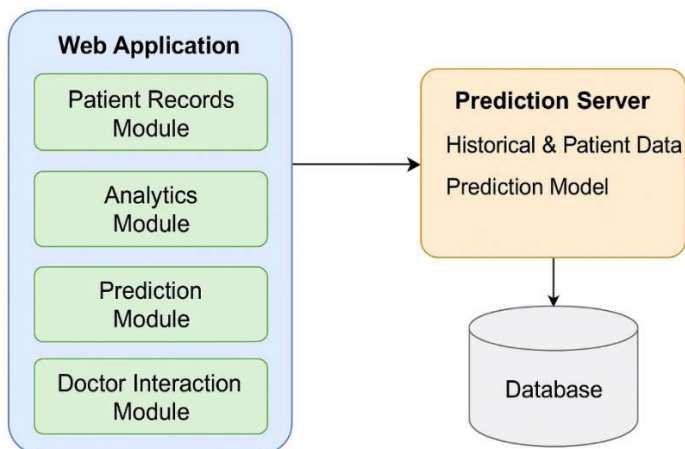


Рис. 1. Схематичне представлення архітектури застосунку

Для реалізації системи обрано стек технологій: Next.js (фронтенд), PostgreSQL (база даних), Prisma ORM (робота з базою даних), та Python-бібліотеки для побудови моделей прогнозування [1]. Основу прогнозного модуля становлять алгоритми МН, зокрема:

- Random Forest Classifier – забезпечує найвищу точність прогнозів завдяки ансамблю дерев рішень;
- Decision Tree Classifier – використовується для інтерпретації та пояснення логіки прогнозу;
- K-Nearest Neighbors (KNN) – застосовується для швидкого порівняння нових випадків із історичними.

Для навчання моделі використовуються дані про пацієнтів, що включають:

- демографічні характеристики (вік, стать);
- історію відвідувань;
- типи стоматологічних процедур;
- день та час прийому;
- попередні неявки;
- поведінкові показники (запізнення, відміни записів).

На основі цих даних формується вектор ознак, який подається в модель для прогнозу ймовірності неявки. Якщо система визначає, що ризик високий, адміністраторам надсилається рекомендація зробити повторне нагадування пацієнту або запропонувати перенесення візиту.

Інтелектуальна складова системи (рис. 2) забезпечується трьома ключовими напрямками [2]:

- аналітика відвідуваності – система автоматично аналізує історичні дані та формує графіки тенденцій (наприклад, найчастіші дні неявок, середня тривалість прийому, навантаження лікарів).
- прогнозування неявок – модель МН оновлюється щомісячно для підвищення точності передбачень.
- автоматичне нагадування – на основі прогнозів застосунок надсилає повідомлення пацієнтам через SMS або електронну пошту, нагадуючи про прийом [3].

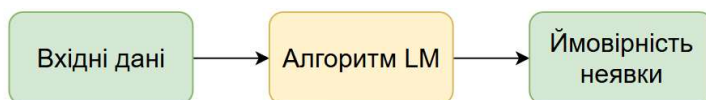


Рис. 2. Схематичне представлення використання МН в стоматологічній клініці

Завдяки гнучкій модульній архітектурі розроблений застосунок має значний потенціал для подальшого розширення функціоналу. У перспективі система може бути адаптована не лише для прогнозування відвідуваності, а й для аналізу інших важливих показників діяльності клініки. Таким чином, застосунок може перетворитися на комплексну аналітичну платформу, яка допомагає не лише прогнозувати поведінку пацієнтів, а й формувати стратегічні управлінські рішення. Інтеграція додаткових алгоритмів МН та аналітичних інструментів відкриває можливості для підвищення ефективності бізнес-процесів клініки та оптимізації ресурсів.

Список використаних джерел

1. Breiman L. *Random Forests. Machine Learning*. 2001 (last accessed 05.10.2025).
2. Rajkomar A., Dean J., Kohane I. *Machine Learning in Medicine. New England Journal of Medicine*. 2019. Vol. 380, № 14 (last accessed 08.10.2025).
3. General Data Protection Regulation (GDPR). Regulation (EU) 2016/679 (last accessed 10.10.2025).

Фаленкова М. В.

*старша викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.*

Миколаїв, Україна

Неділько В. В.

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.

Миколаїв, Україна

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У СИСТЕМАХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ТА МОДЕРАЦІЇ МУЗИЧНОГО КОНТЕНТУ

Штучний інтелект (ШІ) дедалі глибше інтегрується у повсякденні технологічні процеси, і одним із найяскравіших прикладів його впливу є сфера цифрової музики. Стрімке зростання кількості користувачів, динамічний розвиток потокових платформ і глобальна діджиталізація змінили уявлення про споживання музичного контенту [1]. Музика більше не існує у вигляді дисків або завантажуваних файлів – вона стала безмежним простором, у якому ШІ виконує роль навігатора, аналітика та модератора одночасно.

Завдяки потужним алгоритмам аналізу даних, машинного навчання та обробки природної мови сучасні музичні сервіси здатні не лише пропонувати індивідуальні добірки, а й самостійно контролювати якість та відповідність контенту вимогам політики платформи [2]. Цей процес ґрунтується на обробці величезних масивів даних – історії прослуховувань, жанрових вподобань, демографічних характеристик, часу активності та реакцій користувачів. Кожна взаємодія слухача з додатком перетворюється на інформаційний сигнал, що формує унікальний профіль. Саме на його основі система передбачає, яку музику користувач захоче почути наступного разу.

Механізми роботи рекомендаційних систем побудовані на кількох основних підходах. Перший з них – колаборативна фільтрація, коли алгоритм порівнює поведінку великої кількості користувачів і виявляє між ними подібність. Якщо два слухачі мають схожі вподобання, система може рекомендувати одному з них пісні, які сподобалися іншому. Другий підхід – контентно-орієнтований аналіз, заснований на вивченні характеристик самих музичних творів. Алгоритми розпізнають мелодійні структури, ритмічні особливості, тембр, темп і навіть емоційне забарвлення пісень. У сучасних системах часто

використовуються нейронні мережі, здатні опрацьовувати аудіосигнали подібно до людського слуху, що забезпечує високий рівень точності [3].

Важливим напрямом є поєднання обох підходів – створення гібридних моделей, які враховують як поведінкові, так і контентні дані. Вони дозволяють формувати рекомендації з урахуванням контексту: часу доби, місця перебування, пристрою, погоди або настрою користувача. Наприклад, Spotify застосовує глибокі нейронні мережі для аналізу понад 30 параметрів кожного треку, поєднуючи їх із поведінковими шаблонами слухачів. У результаті формується персональний музичний простір, де система здатна пропонувати нові композиції настільки природно, що користувач сприймає їх як власне відкриття [2].

Разом із цим виникають і нові соціально-культурні явища. Алгоритми персоналізації змінюють способи відкриття музики, водночас створюючи ризик «інформаційної бульбашки», коли слухач отримує лише обмежене коло стилів, не виходячи за межі знайомого. Це викликає дискусії щодо балансу між зручністю автоматизованого підбору і потребою у музичній різноманітності.

Паралельно з удосконаленням рекомендаційних механізмів, значну увагу розробники приділяють модерації музичного контенту. Потoki даних, що щодня проходять через великі платформи, потребують постійного контролю, адже користувачі завантажують тисячі нових композицій. Штучний інтелект використовується для автоматичного виявлення порушень авторських прав, дублювання, плагіату та недопустимого контенту [4]. У цьому процесі поєднуються різні технології: аналіз аудіофайлів, розпізнавання текстів пісень, обробка метаданих та перевірка баз цифрових відбитків (fingerprints).

Моделі обробки природної мови (NLP) дозволяють системам розуміти зміст ліричних текстів і виявляти потенційно образливу або небезпечну лексику. Під час перевірки музичних композицій система зіставляє їх із базами авторських прав, аналізує структуру мелодій і приймає рішення – схвалити, відхилити чи передати матеріал на ручну перевірку. Завдяки цьому забезпечується баланс між відкритістю платформи для користувачів і дотриманням законодавчих норм.

Зі зростанням обсягів аудіоконтенту та кількості користувачів виникає потреба в ефективних механізмах персоналізації, пошуку й контролю якості матеріалів. Застосування інтелектуальних алгоритмів дозволяє автоматизувати процеси аналізу, рекомендації та модерації музичного контенту, що формує нову екосистему взаємодії між виконавцем, сервісом та слухачем. Штучний інтелект уже сьогодні виконує ключову роль у музичних стрімінгових платформах, зокрема

Spotify, YouTube Music, Apple Music та Deezer, де системи рекомендацій і модерації визначають успішність контенту та комфорт користувачів.

Основна перевага використання ШІ у музичних сервісах полягає у можливості створення персоналізованих рекомендацій на основі аналізу поведінкових, аудіо- та контекстних даних. Рекомендаційні системи застосовують методи колаборативної фільтрації, коли алгоритм підбирає треки, які сподобалися користувачам зі схожими уподобаннями, або контентно-орієнтовані моделі, що аналізують самі характеристики музики – темп, тональність, вокал, ритміку, жанр тощо. Поєднання цих підходів створює гібридні системи, які здатні враховувати одночасно поведінку користувача, властивості контенту та зовнішні фактори, як-от час доби чи місце прослуховування.

Таблиця 1 – Порівняння традиційної та інтелектуальної модерації музичного контенту

Параметр	Людська модерація	ШІ-модерація
Швидкість перевірки	Повільна, залежить від кількості персоналу	Висока, обробка у реальному часі
Точність рішень	Висока при малих обсягах, але з ризиком суб'єктивності	Висока, за умови якісних навчальних даних
Масштабування	Обмежене ресурсами	Практично необмежене
Вартість обслуговування	Значна при зростанні кількості матеріалів	Нижча у масштабі великих платформ
Етичні ризики	Людський фактор	Алгоритмічна упередженість, можливі помилки класифікації

Завдяки автоматизації процесів час перевірки контенту скорочується у десятки разів, а точність розпізнавання текстів і мелодій постійно зростає [4]. Водночас етичні питання залишаються актуальними: система може помилково позначити твір як неприйнятний через використання художніх образів, іронії чи культурних алюзій. Для запобігання цьому більшість компаній комбінують автоматичну модерацію з частковим ручним контролем.

Використання штучного інтелекту в музичній індустрії не обмежується рекомендацією та перевіркою. Уже сьогодні він стає учасником творчого процесу: існують генеративні моделі, здатні створювати гармонії, ритмічні структури й навіть вокальні партії [3]. Такі системи, як Mubert, Suno або Riffusion, демонструють можливість поєднання творчості й технології, де комп'ютер не замінює митця, а стає інструментом для нових форм самовираження.

Поступове вдосконалення алгоритмів відкриває перспективи побудови адаптивних систем, що зможуть враховувати не лише звички, а й емоційний стан користувача. Відтворення музики на основі біометричних або контекстуальних сигналів може стати наступним кроком у розвитку інтелектуальних медіа. Такі рішення формують нову етику слухання – індивідуальну, динамічну й інтелектуально керовану.

Інтеграція ШІ у музичні платформи поступово змінює саме розуміння музичного досвіду. Персоналізовані рекомендації допомагають відкривати нове, модерація забезпечує безпеку та якість, а аналітичні інструменти дозволяють виконавцям глибше розуміти свою аудиторію. Вплив інтелектуальних технологій виходить за межі технічного прогресу – він формує нову культуру сприйняття звуку, у якій взаємодіють технологія, творчість і людина

Список використаних джерел

1. Микитюк В. С., Кравченко Т. О. Штучний інтелект у сучасній культурі: виклики та перспективи. *Інформаційне суспільство: технології, економіка, право*. 2023. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/handle/123456789/45219> (дата звернення: 05.10.2025).
2. Spotify Engineering. *How Spotify's recommendation engine works*. Spotify Research Blog. URL: <https://research.atspotify.com/> (дата звернення: 05.10.2025).
3. Giovanni S. *AI in Music: From Recommendation Systems to Creative Collaboration*. LinkedIn Pulse. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/ai-music-recommendation-systems-giovanni-sisinna> (дата звернення: 04.10.2025).
4. Kshetri N. *Artificial Intelligence in Content Moderation: Opportunities and Challenges*. *Computer*, vol. 56, no. 8, IEEE, 2023. DOI: 10.1109/MC.2023.3280479.

Фрич Д. О.

*здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.*

Миколаїв, Українн

Давиденко Є. О.

*канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення,*

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, м.

Миколаїв, Україна

АВТОМАТИЗОВАНЕ СТВОРЕННЯ ПРОТОКОЛІВ ЗУСТРІЧЕЙ НА ОСНОВІ АУДІОЗАПИСІВ

Сучасні організації, підприємства та установи активно впроваджують цифрові інструменти для підвищення ефективності управління, зокрема у сфері документообігу. Одним із найресурсомісткіших процесів залишається протоколювання зустрічей, що вимагає участі секретаря або аналітика для ручного запису ключових рішень. Такий підхід часто супроводжується неточностями, часовими витратами й ризиком втрати важливих даних. Вирішенням цієї проблеми є автоматизація створення протоколів зустрічей шляхом використання технологій розпізнавання мовлення та обробки текстової інформації [1].

Основна ідея автоматизованого створення протоколів полягає у перетворенні аудіозапису на структурований текстовий документ, який містить теми обговорення, прийняті рішення та визначених відповідальних осіб. Цей процес охоплює декілька послідовних етапів: попередню обробку аудіо, розпізнавання мовлення, очищення тексту, узагальнення змісту та форматування документа [1; 2]. На етапі фільтрації аудіо відбувається приглушення шумів, виявлення мовних сегментів і нормалізація гучності. Розпізнавання мовлення здійснюється за допомогою нейронних моделей, що аналізують частотні спектри сигналу та трансформують їх у послідовність слів. Подальша обробка передбачає нормалізацію, вилучення повторів і смислове узагальнення інформації для створення структурованого тексту у формально-діловому стилі.

Розвиток технологій глибокого навчання дав змогу досягти високої точності в задачах автоматичного розпізнавання мовлення. Сучасні моделі типу Transformer дозволяють ефективно працювати з довгими контекстами та багатомовними наборами даних. Одним із найвідоміших прикладів є модель Whisper від OpenAI, що навчена на

понад 680 тисячах годин аудіо і підтримує понад 90 мов, включно з українською [2]. Для узагальнення отриманого тексту використовуються моделі обробки природної мови – зокрема BART, яка формує стислий, логічно зв'язаний виклад змісту [3]. У результаті система може автоматично створити протокол у форматі DOCX або PDF, готовий до архівації чи друку.

На рисунку 1 наведено узагальнену схему процесу створення протоколу зустрічі, що відображає основні етапи роботи системи.

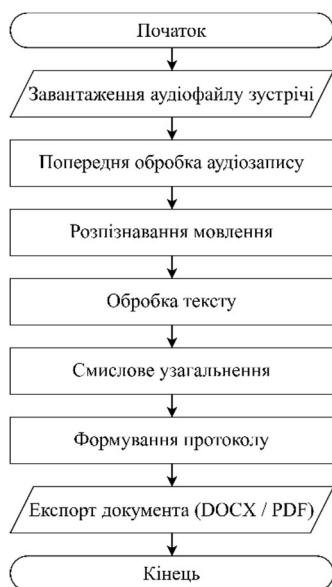


Рисунок 1 – Узагальнена схема процесу створення протоколу зустрічі

Архітектура подібних систем має модульну структуру, що забезпечує масштабованість і незалежність компонентів. До її складу входять модулі попередньої обробки сигналу, мовного розпізнавання, нормалізації тексту, семантичного аналізу та генерації документа. Такий підхід спрощує модернізацію окремих елементів і дає змогу адаптувати систему під специфічні вимоги організацій. На практиці це відкриває можливість інтеграції рішення з корпоративними сервісами або локальними базами даних, а також забезпечує конфіденційність даних при роботі без підключення до хмарних середовищ.

Світова тенденція розвитку технологій автоматичного протоколювання демонструє їхнє активне впровадження у сфері освіти, бізнесу, державного управління й громадського сектору. Популярні сервіси Otter.ai, Fireflies.ai, Trint чи Sonix реалізують схожий принцип, однак переважно орієнтовані на англомовних користувачів і потребують постійного підключення до мережі. У той час як локальні програмні рішення з підтримкою української мови залишаються малорозвиненими, що відкриває перспективу для створення вітчизняних систем. Такі системи можуть значно знизити навантаження на працівників, скоротити час підготовки документів і підвищити якість внутрішньої комунікації.

Таким чином, автоматизоване створення протоколів зустрічей на основі аудіозаписів є перспективним напрямом розвитку сучасних інформаційних технологій. Поєднання методів обробки звуку, розпізнавання мовлення й автоматичного узагальнення текстів дозволяє сформулювати новий підхід до документування подій, який поєднує точність, швидкість та зручність використання. Подальші дослідження у цьому напрямі сприятимуть підвищенню якості мовних моделей для української мови, удосконаленню алгоритмів розпізнавання учасників зустрічей та розширенню можливостей інтеграції з електронними системами документообігу.

Список використаних джерел

1. S. Chi and C. H. Caldas, “Automated object identification using optical video cameras on construction sites,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 26, no. 5, pp. 368–380, 2011.
2. D. Turcsany, A. Mouton, and T. P. Breckon, “Improving feature-based object recognition for x-ray baggage security screening using primed visualwords,” in *IEEE International Conference on Industrial Technology*, 2013, pp. 1140–1145.
3. T. S. Ralston, G. L. Charvat, and J. E. Peabody, “Real-time through-wall imaging using an ultrawideband multiple-input multiple-output (mimo) phased array radar system,” in *IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology*, 2010, pp. 551–558.

*Целищева І. С.,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна
Швед А.В.,
д-рка техн. наук, професорка, професорка кафедри інженерії
програмного забезпечення,
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУРУ

В сучасних умовах зміни клімату та зростання потреб у продовольчій безпеці особливої актуальності набуває завдання прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Традиційні статистичні методи прогнозування, що базуються на лінійних регресійних моделях та усередненні показників, виявляються недостатньо ефективними при роботі з багатовимірними, неоднорідними та нелінійними даними. Саме тому дедалі ширшого застосування знаходять інтелектуальні моделі, побудовані на основі алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту при вирішенні задач обробки даних, зокрема прогнозування.

Прогнозування врожайності можна розглядати як задачу аналізу часових рядів або багатофакторного регресійного моделювання. Для врахування сезонності та часових закономірностей часто застосовують моделі класу ARIMA та SARIMA (Seasonal ARIMA), що забезпечують точний опис циклічних коливань і довгострокових трендів. Модель SARIMA поєднує компоненти авторегресії, різницювання та ковзного середнього з додатковими сезонними параметрами, які моделюють повторювані цикли, характерні для аграрних процесів. Завдяки цьому SARIMA здатна ефективно відображати періодичність погодних факторів (температури, кількості опадів, сонячної активності) та їх вплив на врожайність культур протягом різних фаз вегетації. Її застосування є доцільним у тих випадках, коли доступні історичні дані за кілька сезонів, що дозволяє виділити стабільні закономірності у динаміці врожаїв. Попри це, основним недоліком SARIMA є обмежена гнучкість в умовах великої розмірності (за умови наявності багатьох змінних), а також неспроможність враховувати нелінійні взаємозв'язки між параметрами. Саме тому в сучасних дослідженнях її часто комбінують з методами машинного навчання, наприклад, нейронними

мережами або деревами рішень, для створення гібридних моделей, що забезпечують вищу точність прогнозу в умовах складних природно-кліматичних залежностей [1].

Для підвищення якості прогнозування використовуються гібридні інтелектуальні моделі, які поєднують методи статистичного аналізу та алгоритми машинного навчання, зокрема градієнтний бустинг (XGBoost, LightGBM), нейронні мережі (LSTM, CNN) або ансамблеві методи. Такі моделі здатні враховувати як часову динаміку, так і взаємодію між численними екзогенними змінними – температурою, опадами, індексами рослинності NDVI/EVI, рівнем сонячної радіації та вологості ґрунту [1].

Дослідження показують, що моделі на основі нейронних мереж типу LSTM (Long Short-Term Memory) здатні значно перевищувати традиційні часові моделі за точністю середньострокового прогнозу. Це пов'язано з їх здатністю враховувати довгострокові залежності у часових рядах і динамічні взаємозв'язки між погодними параметрами. Натомість XGBoost демонструє високу стабільність і швидкість навчання при роботі з табличними наборами даних середнього розміру, що робить його практичним вибором для побудови агроаналітичних систем реального часу [2].

Сучасна тенденція полягає у переході від застосування традиційних статистичних методів прогнозування до використання інтелектуальних гібридних систем, які поєднують часові, просторові та екологічні фактори в єдину прогнозну модель. Такий підхід дозволяє підвищити точність прогнозів, мінімізувати ризики неврожаю та забезпечити науково обґрунтоване управління аграрними ресурсами.

В роботі досліджена проблематика розробки інтелектуальних програмних систем прогнозування врожайності сільськогосподарських культур із застосуванням технологій машинного навчання.

Розробка інтелектуальної системи прогнозування врожайності культур базується на необхідності забезпечення точних, своєчасних та адаптивних прогнозів для користувачів з різними рівнями доступу до аграрних даних. У контексті малих господарств України така система повинна поєднувати простоту використання, мінімальні вимоги до обчислювальних ресурсів та можливість роботи з обмеженими історичними даними. Основна мета системи полягає у наданні користувачеві інформації про очікувану врожайність на основі комбінації історичних даних, актуальних кліматичних показників та характеристик ґрунтів.

Система включає три ключові функціональні модулі.

Модуль управління даними – відповідає за збір і попередню обробку даних, до яких належать історичні показники врожайності, погодні дані, характеристики ґрунтів та просторові дані (наприклад, супутникові знімки або дані дистанційного зондування). Обробка даних включає очищення від пропусків, нормалізацію, трансформації та видалення аномалій, що забезпечує якість і коректність вхідної інформації для наступних модулів системи.

Модуль аналізу даних – реалізує процеси прогнозування врожайності. Для забезпечення точності прогнозів та адаптивності до аномальних погодних умов застосовується комбінований підхід, який поєднує статистичні моделі (ARIMA, SARIMA) для визначення сезонних трендів та методи машинного навчання (Random Forest, Gradient Boosting) для моделювання нелінійних взаємозв'язків між кліматичними, ґрунтовими та агротехнічними факторами. Такий підхід дозволяє системі ефективно працювати з обмеженими наборами даних, характерними для малих господарств, і адаптувати прогнози під конкретні локальні умови.

Модуль візуалізації результатів – реалізує функції відображення проміжних та кінцевих результатів аналізу, відповідає за взаємодію з користувачем через вебінтерфейс. Інтерфейс забезпечує зручний доступ до прогнозів, дозволяє вводити локальні дані про господарство та оперативно отримувати рекомендації щодо оптимізації посівів, поливу та внесення добрив. Важливим аспектом є забезпечення інтуїтивної зрозумілості та доступності системи навіть для користувачів без спеціальної підготовки в галузі інформаційних технологій або агрономії.

Автоматизація процесу побудови прогнозних моделей дозволяє оптимізувати роботу господарств, підвищити їх продуктивність та знизити витрати за рахунок моделювання та передбачення рівня врожайності сільськогосподарських культур, враховуючи вплив таких факторів, як сорти рослин, добрива, лімітуючі фактори, технологія вирощування тощо, на продуктивність культури. Загальна концепція запропонованої інтелектуальної системи полягає у створенні інтегрованого рішення, яке поєднує збір, обробку та аналіз даних із прогнозуванням та візуалізацією результатів. Це дозволяє підвищити ефективність управління малими господарствами, мінімізувати ризики, пов'язані з аномальними погодними умовами, та забезпечити науково обґрунтовану підтримку прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. Crop Yield Time-Series Data Prediction Based on Multiple Hybrid Machine Learning Models / Y. Yan et al. *Applied and Computational Engineering*. 2025. Vol. 133, no. 1. P. 217–223. DOI: [10.54254/2755-2721/2025.20800](https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.20800)
2. Performance Analysis of ARIMA, LSTM, and Hybrid ARIMA-LSTM in Forecasting the Composite Stock Price Index / A. I. E. Nensi et al. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*. 2025. Vol. 10, no. 2. P. 588–604. DOI: [10.18860/10i2.33379](https://doi.org/10.18860/10i2.33379)

УДК 004.8

Шерстюк О. А.

здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна

Садова А. В.

здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна

Давиденко Є. О.

канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення
Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м.
Миколаїв, Україна

АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІГРОВИХ РУШІЯХ

Розробка відеоігор – складний і багатогранний процес, що потребує злагодженої співпраці графічних дизайнерів, сценаристів і програмістів. Ігрові світи, сюжетні лінії та поведінка персонажів вимагають детального опрацювання. Традиційно ігри поєднували жорстко задану поведінку, реалізовану у вигляді коду, з адаптивними системами на основі правил.

Ігровий рушій (також відомий як фреймворк або каркас) – це середовище розробки програмного забезпечення, призначене для створення відеоігор на різних платформах: консолях, мобільних пристроях і персональних комп'ютерах. Основні компоненти рушія зазвичай включають систему рендерингу для 2D- і 3D-графіки, фізичний рушій або систему виявлення зіткнень, підтримку звуку,

анімації, сценаріїв, штучного інтелекту (ШІ), мережевої взаємодії, локалізації та керування пам'яттю.

Розробники часто використовують один і той самий рушій для створення кількох ігор або для портування проєктів на різні платформи. Такий підхід забезпечує ефективність, стабільність і скорочує час розробки.

Упродовж останніх десятиліть світ відеоігор зазнав колосальних змін. Від простих піксельних зображень до неймовірно реалістичних тривимірних середовищ – технологічний прогрес безперервно трансформує підхід до створення ігрового процесу. Одним із найдинамічніших напрямів сучасної індустрії є впровадження машинного навчання (МН).

Ігрові рушії з підтримкою машинного навчання поєднують традиційні інструменти створення ігор із можливостями штучного інтелекту. Вони дозволяють інтегрувати алгоритми МН безпосередньо у процес розробки, використовуючи спеціалізовані бібліотеки, API та середовища для навчання моделей.

Технології МН – від керування поведінкою non-playable characters (NPC) за допомогою ШІ до персоналізованої генерації контенту та динамічного регулювання складності – здійснили справжню революцію у створенні ігор. Завдяки цьому ігрові системи стають динамічнішими, персоналізованішими та здатними адаптуватися до стилю гри кожного користувача. Наприклад, NPC можуть навчатися на основі дій гравця, формуючи індивідуальні стратегії та створюючи ефект «живого» світу.

МН також використовується для оптимізації процесів розробки. Процедурна генерація рівнів і завдань зменшує обсяг ручної роботи, а аналітика гравців допомагає розробникам удосконалювати баланс ігрової механіки. Автоматизоване тестування та прогнозування вподобань користувачів скорочують витрати часу й ресурсів, дозволяючи командам зосередитися на творчих аспектах проєкту.

Хоча ідея інтеграції МН у відеоігри не є новою, сучасний технологічний прогрес суттєво розширив можливості її реалізації. Розвиток хмарного геймінгу, а також технологій віртуальної та змішаної реальності стимулює активніше використання штучного інтелекту у створенні інтерактивних і реалістичних ігрових середовищ.

Після визначення ролі машинного навчання в ігровій індустрії доцільно окреслити ключові критерії вибору рушія, що підтримує технології МН, оскільки від цього залежить ефективність реалізації проєкту, масштабованість системи та якість кінцевого продукту. До основних критеріїв належать простота використання, сумісність із бібліотеками МН, продуктивність, активність спільноти,

масштабованість і вартість. Саме врахування цих аспектів допомагає визначити, який рушій найкраще підходить для конкретного проєкту.

Сучасні ігрові рушії все частіше інтегрують алгоритми МН, що дозволяє створювати адаптивну поведінку персонажів, генерувати контент і оптимізувати фізичні процеси у грі. Кожен рушій пропонує власні підходи та інструменти для роботи з МН, а його вибір значною мірою визначається специфікою проєкту та технічними вимогами розробника.

Набір інструментів *Unity ML-Agents* є одним із найвідоміших рішень для впровадження машинного навчання в ігрові проєкти [1]. Він забезпечує взаємодію між рушієм Unity та бібліотеками Python, такими як TensorFlow або PyTorch. ML-агенти дозволяють створювати інтелектуальних персонажів, які навчаються на основі методів підкріплення (Reinforcement Learning) та імітаційного навчання (Imitation Learning). Unity ML-Agents активно використовуються в освітніх і наукових проєктах, симуляціях робототехніки, а також у комерційних іграх, де необхідна адаптивна поведінка NPC. Основними перевагами є простота інтеграції, активна спільнота та наочна візуалізація процесу навчання. Крім того, Unity дозволяє легко тестувати та порівнювати різні стратегії навчання агентів, що робить його зручним інструментом для експериментів і прототипування.

Unreal Engine – потужний рушій, відомий своєю реалістичною графікою та високою продуктивністю [2]. Він підтримує інтеграцію машинного навчання через API, плагіни та зовнішні бібліотеки, зокрема NVIDIA DLSS, Deep Reinforcement Learning Plugin і Unreal Engine ML Plugin. МН використовується для покращення якості зображення, поведінки NPC, прогнозування фізичних процесів і генерації контенту. Перевагами рушія є масштабованість, інтеграція з Blueprints та C++, а також можливість застосування МН у великих AAA-проєктах. Недоліком є складність налаштування ML-середовища й високі технічні вимоги. Unreal Engine підходить для створення складних симуляцій та ігор із високими графічними вимогами, де важлива точність моделей і реалістична поведінка об'єктів.

Godot – рушій із відкритим вихідним кодом, який розвивається у напрямку інтеграції машинного навчання [3]. Хоча офіційна підтримка МН обмежена, існують сторонні рішення: Godot RL Agents для підкріплювального навчання з підтримкою сучасних алгоритмів RL і сумісністю зі стандартом Gym, IREE runtime для запуску попередньо натренованих моделей із низькою затримкою, та DTDA ML для інтеграції різних ML-моделей і реалізації адаптивної поведінки персонажів у реальному часі. Завдяки відкритості коду та GDScript

Godot підходить для навчальних і дослідницьких проєктів, а також інді-ігор і прототипів, де важлива швидка адаптація алгоритмів ШІ. Основні переваги – гнучкість, можливість створювати власні системи навчання та інтегрувати підкріплювальні алгоритми, проте робота з ML вимагає додаткових технічних навичок.

CryEngine забезпечує розвинені інструменти штучного інтелекту для створення складної поведінки персонажів, а також можливість інтегрувати зовнішні ML-моделі [4]. Рушій підтримує модуль CryAI, який дозволяє комбінувати традиційні алгоритми поведінки з нейронними мережами. CryEngine часто застосовується для створення реалістичних симуляцій і тренувальних систем, де важливо моделювати людську реакцію або динамічну зміну середовища. До переваг належать висока графічна якість та глибока AI-система, проте інтеграція МН вимагає значних ресурсів і досвіду роботи з C++. Цей рушій є оптимальним вибором для проєктів, що потребують високої точності фізики та поведінки персонажів у складних сценаріях.

Amazon Lumberyard – сучасний рушій із хмарною підтримкою, створений на базі CryEngine [5]. Він тісно інтегрований із сервісами AWS (Amazon Web Services), зокрема Amazon SageMaker, що дозволяє застосовувати машинне навчання для аналізу поведінки гравців, прогнозування дій і персоналізації ігрового досвіду. Його головна перевага – підтримка хмарних обчислень, що полегшує масштабування тренувальних процесів і симуляцій. Рушій орієнтований на великі проєкти, які поєднують онлайн-функціонал, аналітику та штучний інтелект. Amazon Lumberyard зручно використовувати для мультиплеєрних ігор і сервісів із великою кількістю користувачів, де масштабованість і доступ до хмарних ML-інструментів є критичними.

Порівнюючи рушії Unity, Unreal Engine, Godot, CryEngine та Amazon Lumberyard, можна виділити низку ключових критеріїв, за якими оцінюється їхня ефективність у застосуванні машинного навчання – це рівень офіційної підтримки МН, простота інтеграції, продуктивність, гнучкість та сфера використання.

В результаті проведеного аналізу з'ясовано, що сучасні ігрові рушії поступово інтегрують технології МН, розширюючи можливості як розробників, так і дослідників у сфері ШІ. Найбільш комплексне та доступне рішення для впровадження ML-рішень наразі пропонує Unity завдяки офіційному набору ML-Agents, який поєднує простоту використання, навчальні ресурси та підтримку різних методів навчання агентів. Unreal Engine забезпечує високопродуктивну інтеграцію МН, орієнтовану на професійне створення ігор із реалістичною графікою та складними симуляціями. Godot Engine виступає як відкрита платформа

для експериментів і наукових досліджень, що сприяє розвитку освітніх та інноваційних проєктів. CryEngine зберігає конкурентоспроможність у сфері фотореалістичних симуляцій, а Amazon Lumberyard вирізняється орієнтацією на хмарну інфраструктуру та інтеграцію з ML-сервісами Amazon Web Services.

Загалом, можна констатувати, що розвиток машинного навчання в ігрових рушіях сприяє переходу від традиційного сценарного програмування до адаптивних і самонавчальних систем. Це відкриває нові можливості для автоматизації ігрової логіки, підвищення якості користувацького досвіду, оптимізації ресурсів і створення інтелектуальних віртуальних середовищ. У перспективі очікується подальше посилення синергії між ігровими технологіями та штучним інтелектом, що визначатиме ключові напрями розвитку індустрії інтерактивних розваг.

Список використаних джерел

1. ML-Agents Overview | ML Agents | 3.0.0. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ml-agents%403.0/manual/index.html> (date of access: 06.10.2025).
2. Learning Agents (5.5) – Learning Agents (5.5) | Epic Developer Community. URL: <https://dev.epicgames.com/community/learning/courses/GAR/unreal-engine-learning-agents-5-5/bZnJ/unreal-engine-learning-agents-5-5> (date of access: 05.10.2025).
3. Godot Engine – Free and open source 2D and 3D game engine. URL: <https://godotengine.org/> (date of access: 07.10.2025)
4. CRYENGINE | Documentation – AI and Navigation. URL: <https://www.cryengine.com/docs/static/engines/cryengine-5/categories/23756816/pages/26869983> (date of access: 08.10.2025).
5. The center for all your data, analytics, and AI – Amazon SageMaker – AWS. URL: <https://aws.amazon.com/sagemaker/> (date of access: 09.10.2025)

Шумакова О.К.

бакалаврантка

спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,

м. Миколаїв, Україна

Бондаренко С.В.

викладачка кафедри інженерії програмного забезпечення

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,

м. Миколаїв, Україна

ПЛАТФОРМНА МОДЕЛЬ КОНВЕРГЕНТНОГО НАВЧАННЯ

Сучасна освітня парадигма характеризується стрімкою цифровізацією та подальшою необхідністю фрагментації інструментарію: системи управління навчанням (LMS), сервіси відеоконференцій та месенджери функціонують як ізольовані одна від одної сутності. Такий підхід створює когнітивне навантаження на користувачів, ускладнює адміністрування освітнього процесу та знижує загальну ефективність. Вирішенням цієї проблеми є перехід до інтегрованих рішень, що реалізують концепцію конвергентного навчання [1].

Існуючі платформи дистанційного навчання демонструють системні архітектурні недоліки, що перешкоджають такій інтеграції [2]. Аналіз ринку дозволяє виділити кілька домінуючих підходів, кожен з яких має суттєві обмеження.

Традиційні LMS, такі як Moodle, є потужними системами, що історично створювалися як асинхронні платформи. Їхня архітектура ідеально підходить для розміщення навчальних матеріалів та організації форумів. Однак інструменти для синхронної комунікації в реальному часі в кращому випадку реалізовані як сторонні плагіни. Така інтеграція є поверхневою, що призводить до низької продуктивності та функціональних обмежень. Синхронна взаємодія в таких системах залишається на периферії освітнього процесу, а не є його органічною частиною [3].

Комунікаційні платформи, такі як MS Teams або Google Classroom, навпаки, побудовані навколо синхронної взаємодії – чатів та відеодзвінків. Вони ефективно створюють відчуття спільноти та забезпечують швидкий обмін інформацією [4]. Проте їхній функціонал для управління структурованим навчальним процесом є значно спрощеним. Вони не надають інструментів для створення складних

навчальних траєкторій, розгалуженого оцінювання та глибокої академічної аналітики, які є стандартом для повноцінних LMS [5].

Найпоширеніша ж практика полягає у хаотичному поєднанні обох типів систем, коли, наприклад, матеріали курсу розміщені в Moodle, лекції проводяться в Zoom, а оперативне спілкування та поширення посилань відбувається в Telegram (рис. 1). Такий підхід створює повністю розірваний освітній простір, де інформація розпорошена, дані про активність студентів фрагментовані, а сам процес навчання перетворюється на постійний пошук потрібних ресурсів, що значно підвищує стрес та знижує залученість.



Рисунок 1 – Порівняння фрагментованої (А) та конвергентної (Б) освітніх моделей

Платформа, що реалізує конвергентну модель, має об'єднувати ключові освітні процеси в єдиній екосистемі. Асинхронний модуль забезпечує управління навчальним контентом: створення курсів, завантаження лекцій та практичних завдань, налаштування дедлайнів. Синхронний модуль нативно інтегрує інструменти для взаємодії в реальному часі: відеокімнати для лекцій та семінарів, вебінари та групові чати, прив'язані до конкретних навчальних дисциплін [6].

Ключовим елементом синхронного модуля є система відеокімнат, що забезпечує педагогічну гнучкість для різних форматів занять: від односпрямованих лекцій з модерацією запитань до інтерактивних семінарів з можливістю роботи в підгрупах (breakout rooms) та індивідуальних консультацій. Архітектурною особливістю є динамічне створення віртуальних аудиторій на основі розкладу (dynamic room provisioning) та забезпечення до них миттєвого доступу, зокрема через QR-коди, що є актуальним для гібридних форматів навчання. Система автоматично відстежуватиме присутність та зберігатиме записи сесій

безпосередньо в репозиторії відповідного курсу, що вирішує проблему втрати навчальних матеріалів.

Важливою перевагою такої системи є можливість створення цілісних освітніх траєкторій, де асинхронні блоки органічно доповнюються синхронними. Інтеграція з модулем розкладу дозволяє автоматично планувати онлайн-заняття, уникаючи конфліктів та інформуючи всіх учасників процесу.

Окрему роль відіграє модуль аналітики та звітності, який забезпечує моніторинг академічної успішності та залученості. Система збирає показники ефективності (KPI) для керівництва освітнього закладу, надає дані про відвідуваність онлайн-занять, активність у чатах, середній бал, динаміку виконання завдань [7]. Такі звіти дозволяють обґрунтовано приймати рішення щодо коригування навчальних програм чи надання додаткової підтримки студентам.

Архітектура конвергентної платформи має бути модульною та гнучкою, що дозволяє легко додавати новий функціонал. Система передбачає наявність кількох рівнів користувачів: адміністратора, викладача та студента. Адміністратор керує освітнім процесом на рівні закладу, викладачі наповнюють курси контентом та керують академічними групами, а студенти отримують доступ до всіх навчальних матеріалів та інструментів взаємодії через єдиний персоналізований кабінет.

Особливу увагу в подібних системах слід приділяти захисту персональних даних, що є фундаментальним принципом їх проєктування. Це включає не лише технічний захист, а й дотримання етичних та законодавчих норм. Інформація про академічну успішність, приватне листування та записи занять повинна оброблятися з дотриманням принципів конфіденційності, цілісності та доступності. Для цього архітектура має передбачати надійні механізми автентифікації, розмежування доступу на основі ролей (RBAC), шифрування даних як при передачі, так і при зберіганні, а також відповідність кращим світовим практикам кібербезпеки.

Таким чином, платформна модель конвергентного навчання як концепція є стратегічною відповіддю на системні виклики сучасної освіти. Її актуальність полягає не стільки в розробці ще одного інструменту, скільки у формуванні нового підходу до побудови цифрового освітнього простору. Такі моделі дозволяють подолати руйнівну фрагментацію, знизити когнітивне навантаження та створити цілісне, адаптивне й людиноцентричне середовище. Впровадження подібних платформ є ключовим етапом у цифровій трансформації освіти, необхідним для побудови стійких та гнучких екосистем, здатних

забезпечувати безперервність та високу якість навчання в умовах глобальної невизначеності.

Список використаних джерел

4. Кульчинська Н. З, Ятчук М. А. Діджиталізація освіти: як технології змінюють підхід до навчання. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/36089/1/Kulchynska%20N.pdf> (дата звернення: 07.10.2025).

5. Що таке LMS та як підібрати LMS-систему для навчання у 2025 році. URL: <https://academyocean.com/ua/blog/post/shho-take-lms-sistema-povnni-gid-po-viboru-platformi-dlya-navcannya-u-2025-roci-1> (дата звернення: 07.10.2025).

6. Недоліки LMS Moodle як складової частини системи дистанційного навчання. URL: <https://2019.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=34> (дата звернення: 10.10.2025).

7. Дослідження ефективності Microsoft Teams для синхронної взаємодії. URL: https://www.researchgate.net/publication/371197223_EVALUATION_OF_MICROSOFT_TEAMS_AS_A_TOOL_FOR_SYNCHRONOUS_INTERACTION_DURING_DISTANCE_AND_HYBRID_LEARNING (дата звернення: 10.10.2025).

8. Що таке система управління навчальним контентом і чи дійсно вам потрібна LCMS? URL: <https://lionwood.software/uk/shcho-take-systema-upravlinnia-navchalnym-kontentom-i-chy-diysno-am-potribna-lcms/> (дата звернення: 10.10.2025).

9. Сім обов'язкових інструментів для ефективної синхронної комунікації. URL: <https://www.chanty.com/blog/uk/synchronous-communication-uk/> (дата звернення: 11.10.2025).

10. Що таке KPI: значення для компанії і як розрахувати та впровадити ключові показники ефективності, щоб вони працювали на ваші бізнес-процеси. URL: <https://hr.smart-it.com/uk/blog-post/kpi/> (дата звернення: 11.10.2025).

*Юхненко В. С.,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»,
Давиденко Є. О.,
канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

АНАЛІЗ МАНІПУЛЯТИВНОСТІ НОВИН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

У сучасному інформаційному просторі обсяг текстових даних у соціальних мережах, зокрема на платформі Telegram, є величезним, що створює значні виклики для їхньої фільтрації й аналізу. Однією з ключових проблем є поширення маніпулятивного контенту, який може включати апеляції до емоцій, фальшиві факти чи упереджені наративи, що спотворюють сприйняття реальності. Такі маніпуляції використовуються як для відносно невинних цілей, наприклад, для привернення уваги, так і для серйозніших загроз, таких як дезінформація, пропаганда чи маніпулювання суспільною думкою [1].

Маніпулятивні техніки в текстах умовно поділяються на кілька типів: явні (з очевидними перебільшеннями чи неправдивими твердженнями), приховані (з тонкими семантичними маніпуляціями, такими як сарказм чи евфемізми) й змішані, що поєднують кілька підходів. Їх можна класифікувати за рівнем складності – від очевидних маніпуляцій, які легко розпізнаються людським оком через явні мовні помилки чи нелогічні конструкції, до витончених текстів, які потребують глибокого аналізу для виявлення.

Використання алгоритмів машинного навчання у системі виявлення маніпулятивних технік є необхідним і важливим рішенням. Завдяки здатності штучного інтелекту (ШІ) навчатися на великих обсягах текстових даних, зібраних з відкритих джерел або створених вручну, система може виявляти навіть найтонші контекстуальні й семантичні аномалії. З часом нейронну мережу можна донавчати, використовуючи відгуки користувачів та нові приклади маніпулятивних текстів, що розширює базу знань і підвищує точність. Перевагою ШІ є також відсутність суб'єктивності при аналізі текстів, що забезпечує об'єктивне оцінювання контенту.

Основним принципом роботи системи є аналіз лінгвістичних і семантичних характеристик текстів. Трансформерні моделі, зокрема XLM-RoBERTa-large, використовуються для вивчення контексту, залежностей між токенами й семантичних нюансів [2]. Завдяки механізмам самоуваги система здатна ідентифікувати ознаки маніпуляцій, такі як невідповідності в логіці наративу, незвичайні мовні конструкції чи приховані упередження.

XLM-RoBERTa-large є типовим представником архітектури трансформерних моделей (рис. 1), що має ключові компоненти: вхідний шар із позиційними ембедінгами, шари самоуваги для зважування залежностей між токенами, фідфорвардні нейронні мережі для нелінійної обробки, а також шари нормалізації для стабілізації навчання [3]. Ця архітектура дозволяє моделі ефективно обробляти багатомовні тексти, адаптуючись до специфіки української й російської мов, що є критичним для виявлення маніпулятивних патернів у повідомленнях платформи Telegram.

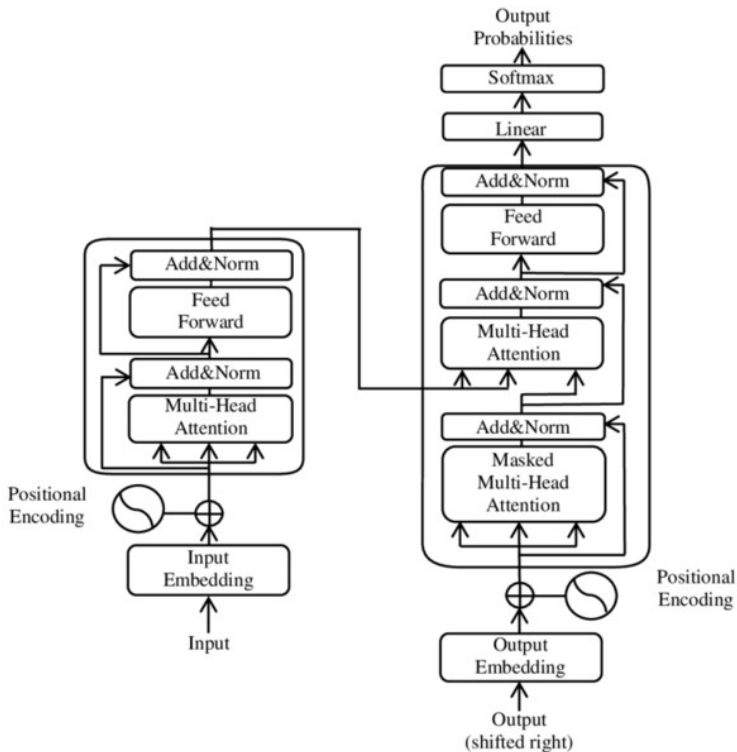


Рис. 1. Архітектура трансформерної моделі (на основі XLM-RoBERTa) для обробки текстових даних

Процес виявлення маніпулятивних технік працює наступним чином:

1) Вхідний текст (Input). Система отримує текстовий фрагмент для аналізу, завантажений через вебінтерфейс або API, що може бути повідомленням із Telegram чи іншої платформи.

2) Попередня обробка (Preprocessing). Текст нормалізується: видаляються шумові елементи (емодзі, пунктуація), проводиться токенизація та приведення до єдиного формату для подальшого аналізу.

3) Трансформерна модель (Transformer for Feature Extraction). Основний компонент системи, де XLM-RoBERTa-large аналізує контекстуальні ознаки тексту, такі як семантичні зв'язки, синтаксичні структури та лінгвістичні патерни, виявляючи потенційні маніпулятивні елементи.

4) Виявлення аномалій (Anomaly Detection). Система аналізує результати роботи моделі, шукаючи невідповідності, характерні для маніпулятивного контенту, наприклад, надмірну емоційність, логічні розриви чи код-мовлення.

5) Класифікація і span detection. На основі виявлених аномалій текст класифікується як маніпулятивний чи неманіпулятивний із визначенням типу техніки (наприклад, апеляція до страху чи фальшивий факт), а також виконується span-детекція для точного виділення сегментів тексту, що містять маніпулятивні елементи, використовуючи Begin, Inside, Outside (BIO) схему для позначення початку, середини й кінця відповідних фрагментів.

6) Вихідне рішення (Output). Система видає результат – позначку про маніпулятивність тексту та деталі аналізу, які відображаються для користувача після завершення обробки.

Розроблена система виявлення маніпулятивних технік дозволяє користувачам відрізнити достовірний контент від маніпулятивного, сприяючи підвищенню прозорості та безпеки в інформаційному просторі.

Список використаних джерел

6. New Report Exposes Russia's Strategic Disinformation Warfare.. URL: <https://globalrightscompliance.org/manufacturing-impunity-russian-information-operations-in-ukraine/> (date of access: 14.10.2025).
7. XLM-RoBERTa-large. URL: <https://huggingface.co/FacebookAI/xlm-roberta-large> (date of access: 14.10.2025).
8. XLM-RoBERTa-large (PEFT). URL: <https://godotengine.org/> (date of access: 07.10.2025)

УДК 004.92

Мирошніченко А.А., Шаріпова І.В.

Здобувач вищої освіти 3 курс
спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія»,
старший викладача кафедри КСТ,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65026, Україна

ШЕЙДЕРИ ЯК ОСНОВА ПРОГРАМОВАНОГО ГРАФІЧНОГО КОНВЕЄРА У КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІЦІ

У сучасних графічних системах ключову роль відіграють шейдери – невеликі програми, що виконуються безпосередньо на графічному процесорі (GPU) під час рендерингу [1]. Вони стали основою програмованого графічного конвеєра, який замінив застарілу модель з фіксованими функціями, характерну для ранніх версій OpenGL.

Раніше рендеринг у OpenGL здійснювався через так званий fixed-function pipeline – послідовність етапів обробки, де програміст мав лише обмежений набір можливостей для налаштування освітлення, кольору або текстуровання. Такий підхід був простим, однак не дозволяв створювати складні ефекти або змінювати математичну модель освітлення.

Поява OpenGL 2.0 принесла принципово нову ідею – програмований конвеєр (programmable pipeline), у якому кожен етап рендерингу став гнучко керованим через власний шейдер [2]. Це дозволило розробникам самостійно описувати алгоритми обробки геометрії, освітлення, кольору й навіть анімації.

Таблиця 1 - Порівняння fixed-function pipeline та programmable pipeline

Характеристика	Fixed-function pipeline	Programmable pipeline
Гнучкість	Обмежена – використовуються вбудовані функції для освітлення, текстуровання, трансформацій	Висока – розробник самостійно визначає алгоритми обробки на етапах рендерингу
Керування обчисленнями	Виконується автоматично драйвером або GPU без втручання користувача	Повний контроль через шейдери (GLSL, HLSL тощо)
Типи етапів обробки	Фіксований набір (перетворення, освітлення, текстуровання, растеризація)	Гнучка структура з користувацькими шейдерами (vertex, fragment, geometry, tessellation, compute)
Можливість створення ефектів	Лише стандартні (освітлення, матеріали, туман, текстури)	Будь-які – реалістичне освітлення, тіні, відбиття, постобробка
Продуктивність і оптимізація	Залежить від реалізації драйвера	Можлива оптимізація під конкретні задачі та GPU
Період використання	До OpenGL 2.0 (2004 р.)	Починаючи з OpenGL 2.0 і далі (до OpenGL 4.6, 2022 р.)

Шейдери пишуться спеціальною мовою GLSL (OpenGL Shading Language), синтаксично подібною до C [1]. Основні типи шейдерів:

- Вершинний шейдер (Vertex Shader) – визначає, як обробляються координати кожної вершини, виконує геометричні перетворення (масштабування, обертання, проєкцію).
- Фрагментний шейдер (Fragment Shader) – відповідає за колір, текстуру й освітлення кожного фрагмента (пікселя) на екрані.

- У новіших версіях OpenGL також використовуються геометричні, тесселяційні та обчислювальні шейдери, що розширюють можливості GPU до виконання складних візуальних і наукових обчислень.

Передача даних між шейдерами здійснюється через спеціальні змінні:

- in – вхідні атрибути вершини (наприклад, позиція або колір);
- out – вихідні параметри, що передаються наступному етапу;
- uniform – глобальні змінні, значення яких задаються з боку процесора (CPU) і залишаються незмінними протягом кадру.

Наведений нижче код описує базовий приклад – відображення кольорового трикутника на екрані [3].

Вершинний шейдер отримує координати вершин і їхній колір, а потім передає колір далі:

```
#version 330 core
layout (location = 0) in vec3 aPos;          //
координати вершини (x, y, z)
layout (location = 1) in vec3 aColor;        //
колір вершини (R, G, B)

out vec3 vertexColor;                        //
вихідна змінна – передається фрагментному
шейдеру

void main() {
    gl_Position = vec4(aPos, 1.0);           //
положення вершини у просторі
    vertexColor = aColor;                    //
    передаємо колір наступному етапу
}
```

А фрагментний шейдер використовує ці дані, щоб визначити колір кожного пікселя:

```
#version 330 core
in vec3 vertexColor;                         //
колір, отриманий з попереднього етапу
out vec4 FragColor;                          //
фінальний колір фрагмента (пікселя)

void main() {
```

```

        FragColor = vec4(vertexColor, 1.0); //
        встановлюємо колір із переданих даних
    }

```

У результаті кожна вершина трикутника має свій власний колір – наприклад, червоний, зелений і синій. Під час растеризації (тобто коли GPU заповнює пікселями площу між вершинами) система автоматично інтерполює кольори між ними.

Завдяки цьому на екрані з'являється плавний перехід від одного кольору до іншого – ефект градієнта:

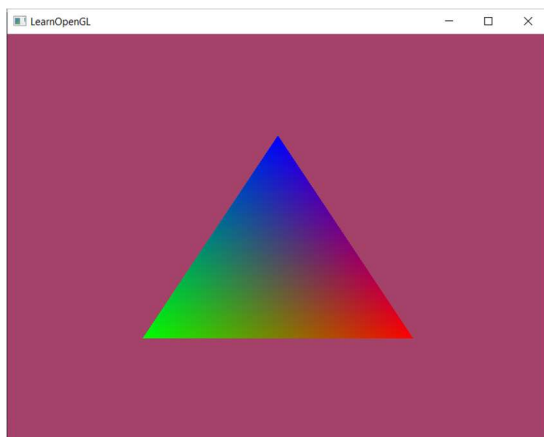


Рисунок 1 – Відображення кольорового трикутника у OpenGL

Важливою частиною програмованого конвеєра є універсали (uniforms) – параметри, що передаються в шейдер із центрального процесора. З їхньою допомогою можна створювати анімаційні ефекти, змінювати положення об'єктів, симулювати освітлення або тіні. Наприклад, у простій демонстрації колір фрагмента можна обчислювати залежно від часу виконання програми, створюючи ефект пульсації.

Щоб спростити роботу з GLSL, у практичних реалізаціях часто створюють спеціальний клас Shader, який автоматизує процес завантаження, компіляції, зв'язування і використання шейдерних програм. Це дозволяє ефективно керувати різними етапами рендерингу, легко перемикаючи шейдери та оновлюючи їхні параметри.

Шейдери є центральним елементом сучасного рендерингу. Вони надають розробникам повний контроль над візуалізацією – від

обчислення координат до створення складних світлових і текстурних ефектів. Завдяки використанню шейдерів стало можливим досягати реалістичного відтворення світла, матеріалів і фізичних властивостей об'єктів у реальному часі.

OpenGL надає можливість розробникам створювати високопродуктивні, візуально привабливі графічні програми для таких ринків, як САПР, створення контенту, медичні послуги, воєнна сфера, енергетика, виробництво, віртуальна реальність.

Список використаних джерел

1. Kessenich J. The opengl shading language specification, version 4.60. *The Khronos Group*. URL: <https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/gl/GLSLangSpec.4.60.html>.
2. The Khronos Group. OpenGL 4.6 API specification. URL: <https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/gl/glspec46.core.pdf>.
3. Vries J. D. LearnOpenGL – modern opengl tutorials. URL: <https://learnopengl.com/> (дата звернення: 01.10.2025).

УДК 004

Супрун М.В.,

магістрант кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій,

Міхєєв І.А.,

кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та

інформаційних технологій,

Харківський національний економічний університет імені Семена

Кузнеця, Харків, Україна

ПРОБЛЕМИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИЯВЛЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ У DOCKER-ОБРАЗАХ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ТА РОЗРОБКА НОВИХ РІШЕНЬ

За визначенням, образ Docker – це легкий, автономний та виконуваний програмний пакет, який містить усе необхідне для запуску програми: код, середовище виконання, системні інструменти, бібліотеки та налаштування [1].

Технологія Docker у свій час спричинила справжню революцію у світі розробки програмного забезпечення. Але окрім значної користі – технологія принесла і серйозні ризики для бізнесу, який все частіше і частіше став покладатися на дане рішення.

Це підтверджують і численні кібератаки з використанням даної технології. Серед них:

- ShadowV ботнет [2] – зловмисники ціленапрямлено шукають неправильно налаштовані Docker-демони на EC2, потім інсталиують контейнери з Go-RAT / завантажують модулі для DDoS;
- нещодавно виявлене шкідливе програмне забезпечення, яке націлене на відкриті Docker API з розширеними можливостями зараження [3].

І це тільки останні відомі експлуатації, подібних вразливостей та кібератак безліч. Саме тому постає важлива задача для фахівців з кібербезпеки у захисті даної технології.

Основним об'єктом технології є контейнер. Саме в ньому працюють сучасні застосунки. Але передумовою створення контейнеру завжди є образ. Саме з образа і починається життя нового застосунку будь-якої корпорації, що обрала шлях контейнеризації. Тому розглянемо, що він з себе представляє, та яким чином нам виявити в ньому вразливості в найбільш ефективний спосіб.

Як відомо Docker образи можуть легко містити в собі вразливості та міskonфігурації, найчастіше вони походять від вразливостей в бібліотеках, файлах, залежностях, які встановлені в цей образ. Саме тому так важливо використовувати статичне сканування для образів, щоб не допустити потрапляння критичних вразливостей до інфраструктури.

Ринок таких рішень (статичних сканерів вразливостей) зараз досить обширний, серед найпопулярніших рішень можна назвати наступні:

- Trivy;
- Snyk Container;
- Clair.

Для прикладу розглянемо принцип роботи інструмента Trivy. З офіційної документації [4] можна дізнатися, що даний інструмент може працювати в двох різних моделях: як самостійний CLI інструмент, так і працювати по широко-відомій клієнт-серверній архітектурі, де в якості сервера виступає база даних з вразливостями.

Основним принципом роботи – є пошук вразливостей у пакетах операційної системи, які підвантажуються до контейнеру разом з базовим образом; у встановлених пакетах за допомогою пакетного менеджера (наприклад у файлі «/var/lib/dpkg/status» для дистрибутивів, які ґрунтуються на Debian чи Ubuntu); у бібліотеках самого застосунку інспектуючи маніфест файли конкретної мови програмування (наприклад переглядаючи pipfile.lock, poetry.lock файли).

Як бачимо перелік перевірок для Trivy є доволі обширним, але всі ці перевірки об'єднує одна спільна річ – Trivy покладається на менеджери пакетів або базові образи, щоб дізнатися, а які саме файли завантажені до образу, проте є і інші способи отримати виконуваний файл в образі оминаючи ці звичні і зрозумілі шляхи інсталяції.

Серед таких шляхів – це підвантажити виконуваний файл до образу за допомогою директив ADD/COPY, або використовуючи найпопулярнішу директиву RUN написати скрипт, який встановлює вихідний код бібліотеки, та збирає його в рамках цього ж процесу. Якщо поглянути на такі випадки з точки зору архітектури інструменту Trivy, то можна зробити висновок, що Trivy не зможе побачити такі файли, а отже скоріш за все оміне їх, відповідно може потенційно упустити з уваги критичні вразливості. Це є серйозною проблемою з міркувань безпеки.

Аналогічні, не менш популярні рішення, такі як Clair, Snyk Container працюють за схожим принципом, тому також можна зробити висновок, що такі інструменти схильні упускати такі файли з уваги, а отже виявляти не всі вразливості.

Занепокоєння цією проблемою також подано в науковій роботі [5]. Автор запропонував дизайн власного рішення для сканування Docker образів під назвою DAVS. Суть цього рішення полягає у тому, що пропонується механізм виокремлення PVFs (потенційно-вразливих файлів) і окреме їх сканування.

Верхнерівнево дизайн такого рішення подано на рисунку 1.1.

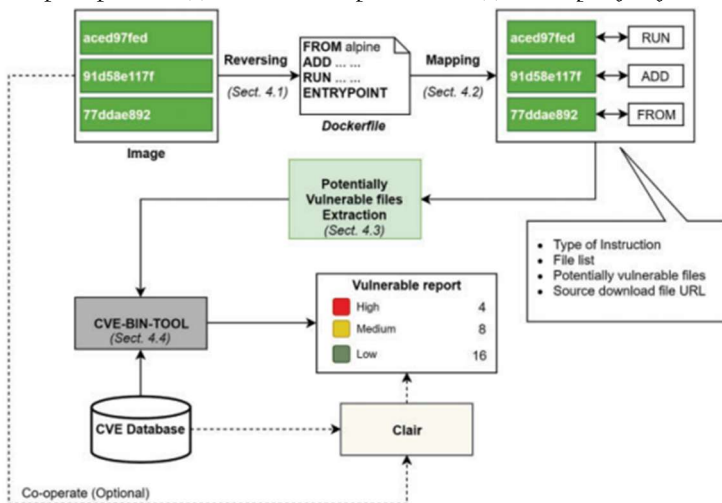


Рисунок 1.1 – Дизайн інструменту DAVS

Ключовим у цій архітектурі є те, що автор використовує два новаторства: це механізм перетворення Docker образу в докерфайл та окремий механізм для виокремлення потенційно-вразливих файлів та подальше їх сканування за допомогою інструменту cve-bin-tool.

На основі даної архітектури було запропоновано власне рішення. Рішення засновано на даній моделі, але має декілька ключових відмінностей.

- власна архітектура не відновлює з Docker образу докерфайл. Було вирішено, що даний крок буде надмірним, натомість замість цього система буде виокремлювати потенційно-небезпечні шари, які можуть містити файли з вразливостями;

- далі ці шари будуть опрацьовані з метою віднайти конкретні шляхи (директорії) у файловій системі для їх сканування;

- також важливим нововведенням є застосування паралелізму задля поєднання власного додаткового сканування зі звичайним скануванням розглянутими вже інструментами.

Отже, зі всього вищесказаного, можна зробити висновок, що дійсно існує проблема в сучасних сканерах вразливостей Docker образів, оскільки більшість з них не здатні виявляти вразливості в нетипових файлах (об'єктах). Однак, позитивною новиною є те, що незважаючи на факт існування проблеми – є вже певні напрацювання експертів для вирішення цієї задачі. Запропонований концепт рішення може стати чудовою основою для реалізації в майбутньому більш якісних та продуктивних сканерів.

Список використаних джерел

1. What is Docker image? URL: <https://www.geeksforgeeks.org/devops/what-is-docker-image/> (Дата звернення: 01.10.2025).
2. ShadowV2: An emerging DDoS for hire botnet. URL: <https://www.darktrace.com/blog/shadowv2-an-emerging-ddos-for-hire-botnet> (Дата звернення: 01.10.2025).
3. Off Your Docker: Exposed APIs Are Targeted in New Malware Strain. URL: <https://www.akamai.com/blog/security-research/new-malware-targeting-docker> (Дата звернення: 01.10.2025).
4. Trivy. URL: <https://trivy.dev/v0.17.2/> (Дата звернення: 01.10.2025).
5. Phuc Thien Doan. DAVS: Dockerfile Analysis for Container Image Vulnerability Scanning. Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/358827560_DAVS_Dockerfile_Analysis_for_Container_Image_Vulnerability_Scanning/links/623818f672d413197a37fc1c/D_VS-Dockerfile-Analysis-for-Container-Image-Vulnerability-Scanning.pdf (Дата звернення: 01.10.2025).

Болюбаши Н. М.,
канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри ІС,
Мурзакон Д. В.,
магістрант,
ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

**ДІАГНОСТИКА ХВОРОБ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
КУЛЬТУР НА ОСНОВІ МЕХАНІЗМУ САМОУВАГИ МОДЕЛЕЙ
VISION TRANSFORMERS**

В умовах розбудови інформаційного суспільства передові технології штучного інтелекту (ШІ) значно покращують сільськогосподарську практику. Вирішальне значення у балансуванні економічних, соціальних і екологічних аспектів для підтримки прийняття рішень та довгострокової продуктивності у сфері агроіндустрії має виявлення хвороб сільськогосподарських рослин. Методи комп'ютерного зору, такі як трансформери зору (англ. Vision transformers, ViTs), продемонстрували значний потенціал в автоматизації виявлення хвороб рослин, забезпечуючи їх ранню та точну ідентифікацію [1], що дозволяє вирішити актуальну проблему своєчасної діагностики хвороб малими та середніми фермерськими господарствами без залучення висококваліфікованих експертів.

Доступні на ринку програмні засоби, які сьогодні використовують для діагностики і розпізнавання хвороб сільськогосподарських культур, забезпечують швидке виявлення та масштабування моніторингу. Проте готові рішення більшою мірою орієнтовані на глобальні набори даних або корпоративні, комерційні інтереси. Моделі, навчені на чистих датасетах, погано працюють у польових умовах без донавчання і потребують агрономічної верифікації. Тому доцільним є розроблення системи, орієнтованої на невеликі фермерські господарства, яка створює рекомендації на основі точного розпізнавання хвороб із використанням моделей, що дозволяють адаптуватися під нові культури або змінені умови із врахуванням локальних особливостей: сортів культур, регіональних патогенів, агроклімату.

Традиційні методи виявлення хвороб спираються на лабораторні методи та візуальний огляд рослин експертами, який включає обстеження на наявність видимих симптомів хвороб, таких як

ураження, зміна кольору, деформації тощо. Ці методи мають обмеження щодо масштабованості та ефективності, оскільки потребують спеціалізованого обладнання та навченого персоналу. Технології комп'ютерного зору дозволяють автоматизувати ідентифікацію хвороб шляхом аналізу зображень рослин, забезпечуючи більш ефективну та менш трудомістку альтернативу ручному моніторингу. Значно підвищує точність діагностики хвороб сільськогосподарських культур використання згорткових нейронних мереж (англ. Convolutional Neural Networks, CNN), які є безумовним лідером у класифікації зображень рослин. Однак більшість моделей CNN мають обмежену здатність до узагальнення та інтерпретації і низьку гнучкість при перенавчанні на нових даних. Застосування трансформерів зору завдяки механізму самоуваги (англ. Self-Attention) забезпечує кращу продуктивність при великій кількості класів хвороб та дозволяє більш ефективно пояснювати рішення ViT-моделі шляхом ідентифікації глобальних зв'язків між різними ділянками зображення.

ViT розглядає зображення як сукупність патчів (англ. patches) – ділянок фіксованого розміру, що не перекриваються, на які розбивається вхідне зображення. Кожен патч перетворюється у вектор ознак (англ. embedding), до якого додається позиційне кодування для збереження просторової інформації. Далі ці вектори проходять через трансформенні енкодери, де працює механізм самоуваги (рис. 1). Self-Attention Vision Transformer повністю узгоджується із загальною архітектурою трансформера, запозиченою з NLP-моделей обробки природної мови, працюючи замість слів із патчами. Завдяки цьому реалізовано перенесення архітектури трансформера у область комп'ютерного зору, де увага моделює просторові відносини між частинами зображення, а не лінгвістичні зв'язки між словами, визначаючи просторовий контекст кожного патча серед інших.

У моделях ViT реалізовано механізм багатоголової уваги (англ. Multi-Head Self-Attention, MHSA), де кожна голова навчається фокусуватися на різних ознаках просторових чи семантичних зв'язків між патчами (колір, форма, текстура, контур, плями, краї уражень тощо) [2]. Фундаментальним для паралельного вивчення різних аспектів зв'язків між патчами зображення є зв'язок між головами уваги та матрицями Q , K , V , які розраховують для кожної голови:

$$Q = XW_Q, K = XW_K, V = XW_V, \quad (1)$$

де X – вхідний вектор патча,

Q (Query) – матриця запитів: векторне представлення поточного патча, який запитує інформацію у решти, використовується для

порівняння з іншими Кеу-векторами (наприклад: ознаки ураження плямою),

K (Key) – матриця ключів: векторні представлення всіх патчів, з якими порівнюється запит, представляє інформацію, яку несе патч (наприклад: колір, текстура, форма, тощо),

V (Value) – матриця ознак: векторні представлення ознак, що передаються, підсумовані з урахуванням ваг уваги (містять корисну інформацію, яку несе патч),

W_Q, W_K, W_V – матриці налаштовуваних під час навчання ваг.

Матриця сумісності $Q \cdot K^T$ містить міри подібності, які визначають, наскільки патч i вважає важливим патч j , що визначається як скалярний добуток:

$$Score_{ij} = Q_i \cdot K_j^T. \quad (2)$$

Ці міри нормалізуються, перетворюючи значення сумісності у ймовірнісні ваги уваги:

$$\alpha_{ij} = \text{soft max} \left(\frac{Q_i \cdot K_j^T}{\sqrt{d_k}} \right), \quad (3)$$

де α_{ij} – коефіцієнт уваги (англ. attention weight), d_k – розмірність матриць ключів і запитів.

Модель комбінує усі значення V , зважені на коефіцієнти уваги, представлені для кожної голови у вигляді матриці самоуваги:

$$Attention(Q, K, V) = \sum_j \alpha_{ij} V_j. \quad (4)$$

Кожен патч через Q запитує інформацію у інших патчів через K , визначаючи, на які частини звернути увагу. Потім комбінуються значення V , зважені за важливістю, формуючи нове контекстно збагачене представлення ознак. Таким чином на виході кожної голови h формується власна карта уваги (англ. Attention Maps) – матриця розмірністю $n \times n$, де n – кількість патчів:

$$Attention(Q_h, K_h, V_h) = \text{soft max} \left(\frac{Q_h K_h^T}{\sqrt{d_k}} \right) V_h. \quad (5)$$

Конкатенація виходів усіх голів генерує загальну карту уваги, яка є матрицею злиття результатів голів і дає комплексне уявлення про зображення. Це дозволяє фокусувати увагу на уражених ділянках зображення рослин, підсилює розпізнавання патернів (візерунки, форми уражень), ігноруючи фон та враховуючи віддалені зв'язки (наприклад, плями з різних частин листа).

У контексті діагностики хвороб рослин, на відміну від CNN моделей, які розпізнають локальні ознаки (плями, краї, текстури), модель ViT бачить картину цілком, розпізнаючи глобальні ознаки (структуру листа, симетрію, взаємозв'язок уражень). У CNN врахування контексту обмежене сусідніми пікселями, а у ViT кожен патч взаємодіє з усіма. Це покращує розуміння хвороби, яка проявляється на різних ділянках. Для адаптації моделі до нових хвороб та культур можна донавчати тільки останні шари, потребуючи менших обчислювальних ресурсів для навчання, що прискорює fine-tuning.

Для створення застосунку фермера, який дозволяє у автономному режимі діагностувати хвороби сільськогосподарських культур, було обрано модель ViT-Tiny-Patch16-224, натреновану для розпізнавання хвороб листа чотирьох культур (кукурудза, картопля, рис, пшениця), класифікованих за 14 класами, що представляють різні види рослин та їхній стан здоров'я. Для її донавчання було використано Data Set, у якому представлено 14 сільськогосподарських культур, класифікованих за 55 класами, та досліджено вплив гіперпараметрів fine-tuning ViT із метою визначення оптимальних параметрів донавчання моделі на доменних даних для підвищення точності розпізнавання хвороб та інтерпретованості результатів за допомогою карт уваги.

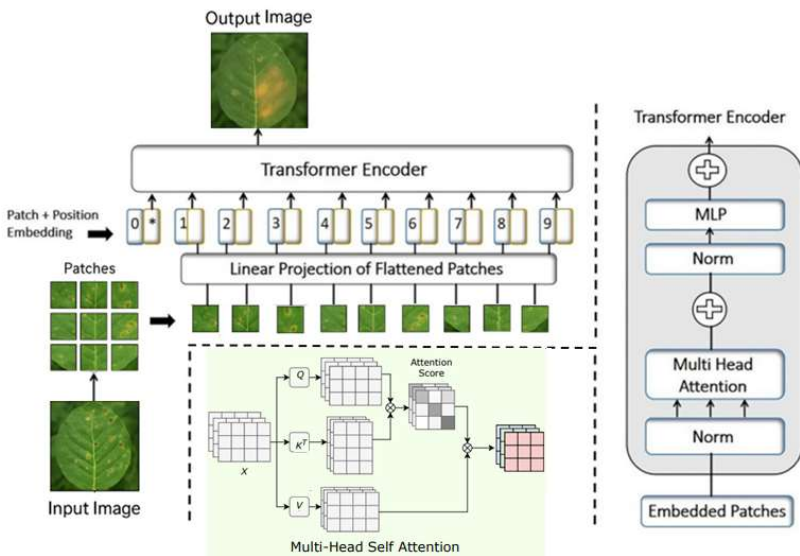


Рисунок 1 – Схема роботи self-attention у Vision transformer

Проведене дослідження дозволило виявити переваги механізму самоуваги, який дає глобальний контекст при аналізі ознак, підвищує точність класифікації складних симптомів, покращує інтерпретованість результатів через карти уваги, забезпечує гнучкість до різних типів культур і хвороб. Механізм самоуваги трансформерів дозволяє глибоко аналізувати контекст зображення, виявляючи складні патерни симптомів, підтримує донавчання під конкретні культури навіть при невеликих обсягах даних. Подальші дослідження передбачають інтеграцію розробленої моделі у вебзастосунок із можливістю візуальної інтерпретації рішень у режимі реального часу.

Список використаних джерел

1. Ali M., Salma M., El Haji M., Jamal B. Plant disease detection using vision transformers. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2025. Vol. 15(2), pp. 2334–2344. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijece.v15i2.pp2334-2344>.
2. Liu, Y., Wu, YH., Sun, G. et al. Vision Transformers with Hierarchical Attention. *Machine Intelligence Research*. 2025. Vol. 21, pp. 670–683. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11633-024-1393-8>.

УДК 517.518.45

Брагінець О. В.

канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри ІС
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна

ГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЯДІВ ФУР'Є: ДОСЛІДЖЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ ФУНКЦІЙ ЗАСОБАМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Розглянуто процес графічного моделювання рядів Фур'є як інструменту для наближення періодичних функцій. За допомогою графічного калькулятора Desmos демонструється, як часткові суми ряду Фур'є поступово відтворюють форму оригінальної функції. Особлива увага приділяється впливу кількості гармонік на точність наближення, а також ефекту Гіббса, який виникає поблизу точок розриву.

У природі і техніці дуже поширені процеси, які через певні проміжки часу повторюються. Такі процеси називаються періодичними. Прикладами періодичних процесів можуть бути механічні та електромагнітні коливання, періодичні рухи в теорії пружності,

акустиці, радіотехніці, електротехніці тощо. Моделюються періодичні процеси за допомогою періодичних функцій.

Ряди Фур'є – це фундаментальний інструмент у математиці та прикладних науках, який дозволяє аналізувати, моделювати та обробляти періодичні явища. Ряд Фур'є – це розклад функції у вигляді нескінченної суми синусів і косинусів з різними частотами.

Найпростішим коливанням є просте гармонічне коливання, яке, як відомо, задається функцією

$$x(t) = a \sin(\omega t + \varphi_0), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

де a – амплітуда коливання; ω – циклічна частота; φ_0 – початкова фаза. Основним періодом функції (1) є $T = \frac{2\pi}{\omega}$; тобто одне повне коливання відбувається за проміжок часу $\frac{2\pi}{\omega}$.

Функція (1) та її графік називаються простою гармонікою. Просту гармоніку зображає також функція:

$$x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t. \quad (2)$$

Дійсно,

$$\begin{aligned} x(t) &= A \cos \omega t + B \sin \omega t = \sqrt{A^2 + B^2} \left(\frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \cos \omega t + \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \sin \omega t \right) = \\ &= a \sin(\omega t + \varphi_0), \quad a = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} = \sin \varphi_0, \quad \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} = \cos \varphi_0. \end{aligned}$$

Коливання, утворені внаслідок накладання кількох простих гармонік, називають складними гармонічними коливаннями. Наприклад, функція

$$\varphi(t) = a_1 \sin(t + \varphi_1) + a_2 \sin(2t + \varphi_2) + \dots + a_n \sin(nt + \varphi_n)$$

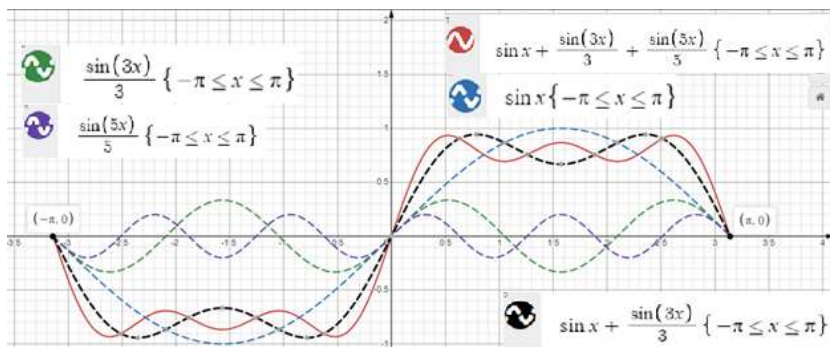
задає складне гармонічне коливання і є результатом накладання n простих гармонік. Перша з цих гармонік має період 2π , друга $-\frac{2\pi}{2}$, третя $-\frac{2\pi}{3}$ і т. ін., n -а $-\frac{2\pi}{n}$, тому загальний період T функції $\varphi(t)$ дорівнює 2π .

Графік складного гармонічного коливання, яке складається з кількох простих гармонік, може значно відрізнятись від графіків цих гармонік.

Наприклад, побудуємо у Desmos (рис.1) графік функції:

$$S(x) = \sin x + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5},$$

яка є сумою трьох простих гармонік, а також штриховими лініями окремо кожен з цих гармонік: а) $\sin x$; б) $\frac{\sin 3x}{3}$; в) $\frac{\sin 5x}{5}$.



<https://www.desmos.com/calculator/mhe34wwf9w?lang=uk>

Рис. 1. Графіки гармонік у Desmos.

Таким чином, накладанням простих гармонік можна дістати різноманітні періодичні коливання, які зовсім не схожі на прості гармонічні коливання.

Природно, постає обернена задача: чи не можна періодичний рух, заданий деякою періодичною функцією, подати як суму простих гармонік? Виявляється, що цього, взагалі кажучи, зробити не можна, якщо обмежитися скінченною сумою простих гармонік. Якщо ж ввести нескінченні суми простих гармонік, тобто тригонометричні ряди, то практично кожен періодичну функцію можна розкласти на прості гармоніки.

Тригонометричний ряд Фур'є. Ряд виду:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (3)$$

називається **тригонометричним рядом**, а дійсні числа a_0 , a_n , b_n ($n = 1, 2, \dots$) – його коефіцієнтами. Вільний член у сумі (3) для зручності записують у вигляді $\frac{a_0}{2}$.

Нехай $f(x)$ – 2π -періодична кусково-диференційовна функція на відрізку $[-\pi; \pi]$ функція. Тоді ряд Фур'є цієї функції має вигляд:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \quad (4)$$

де

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx; \quad a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx; \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx. \quad (5)$$

Коефіцієнти a_0 , a_n , b_n , визначені формулами (5), називаються **коефіцієнтами Фур'є** функції $f(x)$.

Якщо функція $f(x)$ визначена на відрізку $[-l; l]$, має період $2l$ і на відрізку $[-l; l]$ кусково-диференційовна. Тоді:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{\pi n x}{l} + b_n \sin \frac{\pi n x}{l} \right), \quad (6)$$

де

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) dx; \quad a_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \cos \frac{\pi n x}{l} dx; \quad b_n = \frac{1}{l} \int_{-l}^l f(x) \sin \frac{\pi n x}{l} dx.$$

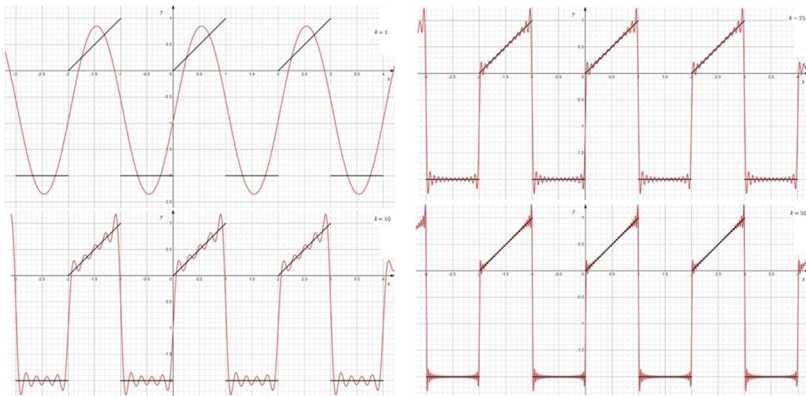
Наприклад, розклад функції:

$$f(x) = \begin{cases} -2, & -1 \leq x \leq 0, \\ x, & 0 < x \leq 1, \end{cases}$$

з періодом $T = 2$ у ряд Фур'є має вигляд:

$$f(x) = -\frac{3}{4} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{(-1)^n - 1}{(\pi n)^2} \cdot \cos(\pi n x) + \frac{2 - 3 \cdot (-1)^n}{\pi n} \cdot \sin(\pi n x) \right).$$

Далі представлено візуалізацію (рис. 2) отриманого розкладу за допомогою графічного калькулятора Desmos.



<https://www.desmos.com/calculator/3yq022fpm4?lang=uk>

Рис. 2. Візуалізація наближення ряду Фур'є до функції $f(x)$.

З графіків видно, що при 1 гармоніці наближення дуже грубе, при 10 – вже видно загальну форму функції, при 25 гармоніках наближення стає досить точним, а при 50 – майже повний збіг з оригінальною функцією, окрім ефекту Гіббса біля країв.

У даній роботі продемонстровано ефективність методу рядів Фур'є при наближенні широкого класу періодичних функцій – навіть з розривами або складною формою. Часткові суми ряду Фур'є з достатньою кількістю гармонік забезпечують точне наближення функції на більшості інтервалу. Точність зростає зі збільшенням кількості членів у ряді. Графічне моделювання дозволяє наочно побачити, як синусоїди формують складну функцію. Це особливо корисно для навчання, інженерного аналізу та досліджень.

УДК 004.4:004.8

*Гожий В. О.,
канд. техн. наук, ст. викладач кафедри ІС,
Шавріна І. О.,
магістрантка,
Калініна І. О.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Штучний інтелект у тестуванні програмного забезпечення перестав бути футуристичною концепцією і перетворився на реальний робочий інструмент. Сьогодні тестувальникам не обов'язково розбиратися у складних моделях машинного навчання, адже існують готові платформи та сервіси, які інтегрують ШІ для вирішення повсякденних завдань. Основна мета цих інструментів – взяти на себе рутинну та повторювану роботу, дозволяючи фахівцям зосередитись на більш складних та творчих аспектах забезпечення якості.

На ринку існує ціла низка платформ, що використовують ШІ для спрощення процесу тестування. Наприклад, такі сервіси, як Testim або Mabl, спеціалізуються на створенні «самозцілюваних» (*self-healing*) тестів для користувацьких інтерфейсів. Вони запам'ятовують об'єкти не просто за їхніми селекторами, а за сукупністю десятків атрибутів.

Окрім великих платформ, ШІ все частіше інтегрується безпосередньо в існуючі інструменти розробки у вигляді помічників. Найяскравішим прикладом у нашому контексті є Postbot – вбудований асистент у Postman. Він дозволяє генерувати тести для API, просто

описавши словами, що потрібно перевірити («додай тест на перевірку статус-коду 200»), допомагає розібратися в помилках та навіть може написати базову документацію до запиту. Подібну роль виконує і GitHub Copilot, який допомагає інженерам швидше писати код для автоматизованих тестів, пропонуючи цілі рядки та блоки коду на основі контексту. Такі помічники не замінюють тестувальника, а виступають у ролі досвідченого «парного програміста», що значно прискорює роботу.

Метою цього дослідження є вивчення можливостей GenAI, інтегрованого з трансформерами, у межах моделей великих мов програмування, вирішувати різні проблеми, що виникають у тестуванні програмного забезпечення, такі як генерація тестових випадків, прогнозування помилок та синтез тестових даних. Шляхом вивчення існуючої літератури та думок експертів у предметній галузі щодо впровадження GenAI з трансформерами в контексті тестування програмного забезпечення, це дослідження має на меті сформулювати відповідні питання.

Як вступ у [1] автори стверджують, що тестування програмного забезпечення є невід’ємною частиною циклу розробки. Однак автоматизоване тестування програмного забезпечення може бути складним і вимагає високого рівня технічної кмітливості. Для належного тестування програмного забезпечення потрібні значні знання, про що свідчить наявність інженерів/архітекторів тестування. Крім того, тестування програмного забезпечення та написання тестів програмного забезпечення можуть бути повторюваними, як зазначають Хасс та ін. [2]. Важливо визнати вирішальну роль тестування у виробництві програмного забезпечення. Тестування є життєво важливим не лише для забезпечення якості програмного забезпечення; воно також відіграє значну роль у рефакторингу або переході між різними типами проєктів (підтвердження концепції, MVP тощо).

Наявність тестового покриття особливо важлива під час роботи над проєктами з використанням Agile-підходу. Під час рефакторингу та міграцій важливо перевірити, чи функціональність та дані залишаються незмінними протягом усього процесу. У випадку програмного забезпечення тестування служить подібним інструментом верифікації. Для забезпечення надійної верифікації необхідний достатній рівень тестового покриття. Недостатнє покриття тестами може призвести до обмежень у можливості внесення змін, що, як наслідок, вплине на розробку проєкту. Це також може вимагати широкого та всебічного ручного тестування, тим самим уповільнюючи прогрес проєкту. Створення адекватного покриття тестами для проєкту, особливо

підтримка функціональності тестів, поки проєкт зазнає постійних змін під час активної фази розробки, є трудомістким завданням.

Тестування програмного забезпечення відіграє вирішальну роль. Незважаючи на це, багато проєктів або не тестуються, або тестуються неадекватно. Це пояснюється складністю самого тестування. Підхід до тестування як «вичерпного», що має на меті охопити всі шляхи в коді або всі можливі вхідні дані, показав, що досягнення повного тестування програмного забезпечення неможливе за цих умов. Величезний обсяг потенційних вхідних даних, шляхів виконання коду та станів системи є величезним, що робить «вичерпне» тестування теоретично неможливим. Як результат, під час тестування необхідно встановити «критерій зупинки», досягнення якого розглядається як компроміс між досягненням якомога повнішого тестування та ресурсами, виділеними на тестування у межах проєкту. Однак завдання тестування проєкту залишається складним і недосяжним у повному обсязі. Існує надія, що генеративний ШІ може допомогти у проведенні більш комплексного тестування без збільшення ресурсів, що виділяються на тестування.

Генеративний ШІ, заснований на великих мовних моделях з трансформерами, – це нова технологія. Користувачі лише починають розуміти його можливості та потенційні застосування. Основні завдання тестування програмного забезпечення схематично представлені на рисунку 1.

Під час виконання вищезазначених завдань людина-спеціаліст стикається з такими труднощами: процес вимагає багато зусиль і часу, є надмірно обтяжливим для людини.

Часто тести та тестові дані, створені для тестування, дуже схожі між собою. Під час активної розробки проєкту та інтенсивних змін у його кодовій базі потрібна значна кількість зусиль та часу для підтримки функціональності тестів. Така робота видається кращою для автоматизації. Однак автоматизація, заснована на попередньо визначених процедурах, не дає бажаного ефекту. Здається можливим, що генеративний ШІ на основі LLM з трансформерами на цьому етапі розробки може допомогти вирішити ці завдання. Можна припустити, що генеративний ШІ може допомогти у таких завданнях: аналіз вимог, генерація планів тестування, генерація тестових сценаріїв, генерація макетів, генерація тестових даних, розширення та доповнення існуючих наборів тестів, підтримка актуальності тестів, виявлення та прогнозування дефектів, зменшення витрат на обслуговування шляхом усунення надлишкових тестів, написання звітів про помилки та генерація документації.



Рис. 1. Основні завдання тестування ПЗ.

При застосуванні генеративного ШІ можна очікувати такі переваги: «самовідновлення» наборів тестів при внесенні змін до вихідного коду; генерація тестів у фоновому режимі або без використання ресурсів, призначених для розробки; аналіз інтерфейсу користувача; підвищення продуктивності фахівців-людей; генерація тестів з моделей або мов опису даних; генерація тестів з неформальних описів, документації, написаної природними мовами, або аудіоописів; оптимізація наборів тестів.

Однак на цьому етапі розробки генеративного ШІ спроба його використання пов'язана з деякими труднощами: галузь швидко розвивається, розроблені підходи та інструменти можуть застаріти до їх завершення з публікацією більш просунутих моделей, висока мінливість у згенерованих тестах (детермінована проти ймовірнісної), неправильна генерація коду, непослідовний/ненадійний вихід, проблеми з продуктивністю через залежність від зовнішніх систем, витрати, пов'язані з використанням генеративних сервісів ШІ, викриття коду проєкту під час використання зовнішніх сервісів, які можуть бути непридатними для певних випадків.

Однією з проблем генерації тестів за допомогою LLM є ймовірнісний характер генерації контенту. Хоча тестові випадки та вихідний код самих програм і тестів мають детермінований характер, LLM, побудовані на трансформаторах, спираються на ймовірнісну модель. Ця властива ймовірнісна природа створює складність у використанні цього типу генеративного ШІ в завданнях, пов'язаних з генерацією коду. Потрібні додаткові зусилля для пост-обробки результатів або людиною, або, можливо, навіть з використанням того ж генеративного ШІ не для генерації, а для аналізу результату, компіляції або перевірки функціональності. Може виникнути потреба в додатковому етапі генерації коду, який би запитував у генеративної моделі штучного інтелекту виправлення виявлених помилок або

невідповідностей. Цей процес вимагає розробки додаткових критеріїв для згенерованого коду, щоб він відповідав заданому завданню. Він включає роботу з вибору підказок для моделі (інженерія підказок), побудову багатоетапної системи генерації контенту.

Для перевірки ефективності використання інструментів ШІ в процесі перевірки якості програмного забезпечення було створено Mock Server. На рисунку 2 представлена екранна форма генерації тестів для перевірки якості програмного забезпечення за допомогою ШІ. На рисунку 3 представлена екранна форма перевірки виконання тестів за допомогою інструментів ШІ.

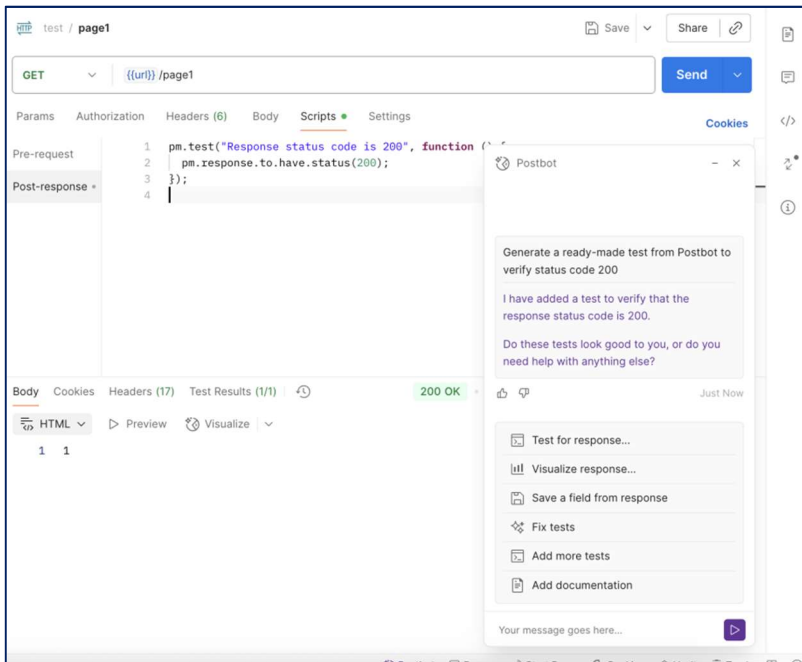


Рис. 2. Генерація тестів за допомогою ШІ.

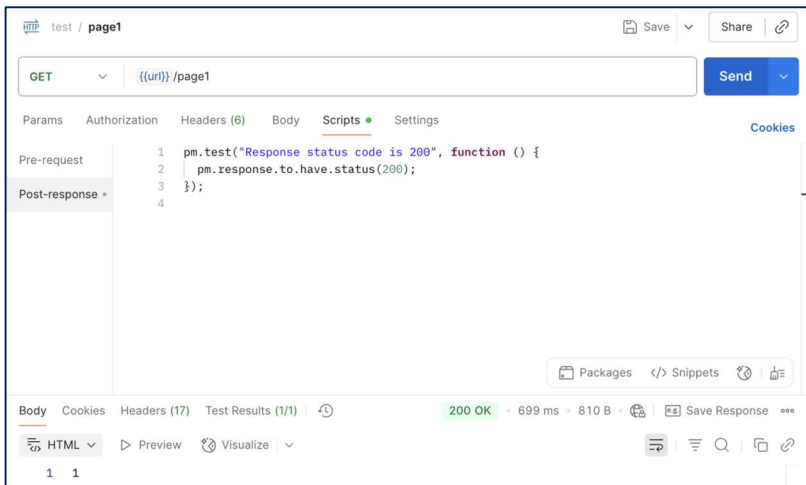


Рис. 3. Перевірка виконання тестів.

У даній роботі досліджується потенціал використання генеративного штучного інтелекту для тестування програмного забезпечення, розмірковуючи як над перевагами, так і над потенційними недоліками цієї нової технології. Для проведення вищезазначеного аналізу було проведено огляд існуючих публікацій. Для початкової оцінки взаємодії з LLM було використано сервіс ChatGPT версії 3.5 та доступ до API моделей GPT 3.5 та GPT 4.

Список використаних джерел

1. Feldt, R., Kang, S., Yoon, J. & Yoo S. (2023) Towards Autonomous Testing Agents via Conversational Large Language Models // arXiv. 2023. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.05152>.
2. Haas, R., Elsner, D., Juergens, E., Pretschner, A. & Apel S. (2021) How can manual testing processes be optimized? developer survey, optimization guidelines, and case studies // 29th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, ser. ESEC/FSE 2021, Athens, Greece: Association for Computing Machinery, 2021, P. 1281–1291.

*Димо В. В.,
аспірант, викладач кафедри ІІС,
Гожий О. П.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ХАІ У ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ

Розвиток технологій машинного навчання і глибоких нейронних мереж, а також наявність більших потужностей і підходів обробки великих обсягів даних, суттєво підвищили точність і ефективність, а також розширили можливості систем розпізнавання, великих мовних моделей тощо. Проте зростання складності моделей призводить до втрати їх інтерпретованості – процес прийняття рішення залишається непрозорим навіть для розробників, а система перетворюється у «чорний ящик». Це ускладнює оцінку роботи моделі та її узагальнювальних властивостей, що безпосередньо впливає як на можливість подальшого розвитку, так і безпосередньо на роботу з кінцевим продуктом, де застосовується розроблена модель. У зв'язку з цим виникає потреба у методах, здатних пояснити внутрішню логіку роботи складних моделей машинного навчання і глибоких нейронних мереж, на чому і зосереджуються дослідження у сфері інтерпретованого (або пояснювального) штучного інтелекту (англ. Explainable Artificial Intelligence, XAI).

Методи ХАІ дають змогу покращити власне уявлення про те, як модель формує свої висновки, які ознаки мають найбільший вплив на результат, і як змінюється поведінка системи при зміні вхідних параметрів. У задачах розпізнавання це дозволяє не лише впевнитися у правильній роботі системи, а й в подальшому вдосконалити її архітектуру, оптимізувати внутрішню будову, підвищити ефективність і точність [1]. Таким чином, застосування методів ХАІ є важливим інструментом для глибшого аналізу й оптимізації моделей розпізнавання.

Інтегровані градієнти (англ. Integrated Gradients, IG) – це метод пояснюваного штучного інтелекту, представлений 2017 року у статті «Axiomatic Attribution for Deep Networks» [2], який пов'язує прогнози моделі з її вхідними ознаками. IG слугує потужним інструментом для інтерпретації моделей глибокого навчання і штучного інтелекту, дозволяючи виконувати такі завдання, як аналіз важливості ознак,

виявлення упередженості даних, налагодження і опис роботи моделі. Популярність даного методу зумовлена його універсальністю в різних диференційованих моделях, включаючи ті, що обробляють зображення, текст і структуровані дані, у поєднанні з легкістю реалізації, міцною теоретичною базою та обчислювальною ефективністю, алгоритм легко впроваджується і масштабується під великі і складні моделі.

Згідно [2] інтеграл інтегрованих градієнтів можна ефективно апроксимувати за допомогою підсумовування у точках, що знаходяться на досить малих інтервалах вздовж прямолінійного шляху від базової лінії x' до вхідного значення x , кінцевий вигляд для розрахунку наведено нижче (див. формулу 1).

$$IntegratedGrads_i^{approx}(x) ::= (x_i - x'_i) \times \sum_{k=1}^m \frac{\partial F(x' + \frac{k}{m} \times (x - x'))}{\partial x_i} \times \frac{1}{m} \quad (1)$$

де x – вхідні дані;

x' – базова маска;

$\frac{\partial F(x)}{\partial x_i}$ – градієнт $F(x)$ вздовж i -го виміру;

m – число кроків у наближенні інтеграла Рімана.

На відміну від інших методів визначення значущості, які надають значення окремим пікселям, XRAI приписує важливість областям зображення. Цей підхід розроблений для забезпечення більш інтерпретованих пояснень і меншого впливу шумів. На першому кроці вхідне зображення сегментується на численні дрібні області, розбиваючи зображення на значущі частини. Побудований над методом інтегрованих градієнтів, алгоритм ітеративно перевіряє важливість кожного сегмента й об'єднує менші, менш важливі області у більші на основі їхніх оцінок відповідності [3]. Кінцевим результатом є сегментаційна, або теплова карта, яка візуально представляє важливість різних областей зображення для прогнозування моделі. Темніші або більш контрастні області вказують на вищу значущість.

XRAI вирішує проблему можливої атрибуції одразу декількох класів на зображеннях шляхом їх видалення, враховуючи характеристику IG, яка стверджує, що сума всіх атрибутів дорівнює різниці між виходом моделі для вхідних даних x і базовою лінією x' [3].

У рамках дослідження було створено просту модель класифікації з основою MobileNet, після чого натреновану на власному невеликому наборі даних, який містить зображення двох класів: «вцілілі» і «пошкоджені» будівлі. Це дозволило отримати початкову модель класифікації зображень пошкоджених будівель із задовільною точністю 0.9375 на окремому наборі.

У свою чергу, в проєкті була використана бібліотека, створена розробниками Google у межах ініціативи PAIR, що містить як

авторський алгоритм XRAI, так й інші [4]. На рис. 1 наведено приклад із застосуванням декількох алгоритмів для тестового зображення.

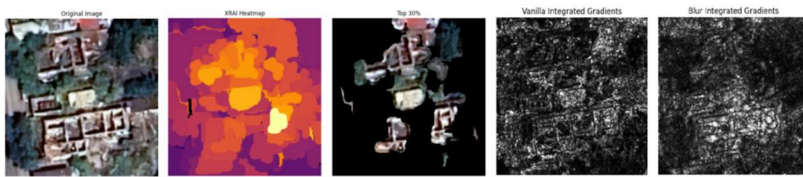


Рис. 1. Результати застосування декількох методів XAI, наведені у послідовності: досліджуване зображення, XRAI Heatmap і найзначущі 30%, Vanilla IG і Blur IG.

Як можна побачити на рисунку, різні методи XAI мають різне вихідне зображення, яке пояснює, на які ділянки найбільше звертає увага нейронна мережа при класифікації. Так, Vanilla IG має більш розрізнені області, які також частково вказують на зелені зони, замість будівель. Зі свого боку Blur IG і XRAI вказують здебільшого на області, де розміщені зруйновані будівлі (згідно з класом зображення), що підтверджує їх ефективність застосування. Зміна відсоткової значущості XRAI допомагає у налагоджуванні вихідного зображення.

Проведене дослідження демонструє, що методи XAI забезпечують можливість інтерпретації моделей розпізнавання різної складності, що дозволяє відслідковувати прийняття рішень моделі щодо заданих параметрів, сприяє кращому розумінню внутрішньої роботи мережі і можливості її модернізації або впровадження. Подальший розвиток дослідження може бути спрямований на застосування XAI для мереж, що працюють у реальному часі, або для вирішення більш складних задач розпізнавання – як семантична сегментація.

Список використаних джерел

1. A comprehensive review of explainable artificial intelligence (XAI) in computer vision / Z. Cheng et al. *Sensors*. 2025. Vol. 25, no. 13. P. 4166. DOI : 10.3390/s25134166.
2. Sundararajan M., Taly A., Yan Q. Axiomatic attribution for deep networks : *Proceedings of the International Conference on Machine Learning (ICML 2017)*. PMLR, 2017. С. 3319–3328.
3. XRAI : better attributions through regions / A. Kapishnikov et al. 2019 *IEEE/CVF international conference on computer vision (ICCV)*, Seoul, Korea (South), 27 October – 2 November, 2019. DOI: 10.1109/iccv.2019.00505.
4. Saliency Library. Github : вебсайт. URL : <https://github.com/PAIR-code/saliency> (дата звернення: 10.10.2025).

*Калініна І. О.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІС,
Гожий В. О.,
канд. техн. наук, ст. викладач кафедри ІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В ІТ-ПРОЄКТАХ

Нині у більшості організацій і підприємств різних форм власності все більше уваги приділяється питанням аналізу та оцінки ризиків. Але, незважаючи на це, проблеми та питання, що відносяться до загальної теорії та методології аналізу, оцінки й управління ризиками, потребують адаптації до підходів і положень сучасного менеджменту, врахування нових факторів становлення і розвитку технологій, об'єднання відомих «усталених» положень теорії ризиків з новими, прогресуючими підходами аналізу і синтезу.

Одним зі способів удосконалення результатів будь-якого ІТ-проєкту є своєчасне і доречне управління його загрозами для того, щоб мінімізувати втрати бюджету і ресурсів, до яких вони можуть призводити, або, навпаки, вміло збільшити ефект від позитивних загроз (можливостей), щоб досягати проєктних цілей й задоволеності та очікування зацікавлених сторін проєкту у межах заданих проєктних обмежень. При розробці сучасних проєктів використовують велику кількість методів і стандартів для усіх сфер ІТ-проєктного управління. Вони регламентовані і використовуються інститутами та організаціями у всьому світі [1,2].

Аналіз літератури [3-5] показав, що, незважаючи на достатньо глибоку історію розвитку, поняття «ризик» і спроби низки відомих авторів сконцентрувати свої розробки у сфері управління ризиками окремих галузей і напрямів діяльності, розробка нових, перспективних наукових положень у цій сфері все ж дещо «звужена» фінансовою діяльністю. В той же час широке використання в роботі інформаційних технологій потребує підвищеної уваги до цього напрямку і, відповідно, більш глибокого висвітлення питань ризик-менеджменту ІТ-індустрії.

Особливий інтерес для досліджень представляє визначення головних особливостей процесу управління ризиками ІТ-проєктів. Беручи до уваги актуальність теми, сучасні відомі світові стандарти та останні дослідження науковців щодо управління ризиками, було вирішено зробити аналіз поняття ризику, його класифікацію, понять

загроз та можливостей, процесу управління ризиками, методів та інструментів, а також розглянути ризики, найбільш притаманні ІТ-проєктам, з метою подальшого моделювання рішення для управління ризиками ІТ-проєктів, практичне застосування якого допомогло б збільшити прибутки і зменшити фінансові та кадрові втрати ІТ-компаній.

Планування та реалізація ІТ-проєктів відбувається в умовах невизначеності, що породжується зміною внутрішнього та зовнішнього середовищ. Під невизначеністю розуміють відсутність повної та достовірної інформації про умови реалізації проєкту. Невизначеність, що пов'язана з можливістю виникнення в ході реалізації проєкту несприятливих умов, ситуацій та наслідків і називається ризиком. Іншими словами, *ризик* – ймовірність настання небажаної події, та всіх її можливих наслідків, або це проблема, яка ще не виникла.

Таким чином, кожний керівник ІТ-проєкту розуміє, що проєкт обов'язково несе у собі ризики, причому всіх їх уникнути не вдасться. Задача управління ризиками ІТ-проєктів полягає у зменшенні впливу небажаних факторів на життєвий цикл проєкту для отримання результатів максимально наближених до бажаних які відповідають поставленим цілям проєкту автоматизації.

Природа невизначеності, ризиків і втрат під час реалізації ІТ-проєктів пов'язана насамперед із можливістю фінансових втрат внаслідок прогнозованого ймовірнісного характеру майбутніх грошових потоків і реалізації ймовірнісних аспектів ІТ-проєкту, його численних учасників, ресурсів, зовнішніх і внутрішніх обставин (рисунок 1).



Рис. 1. Взаємозв'язок категорій: невизначеність – ризик – втрати.

Аналізуючи сучасні стандарти, легко побачити, що більшість із них структурують та стандартизують роботу з ризиками в контексті їх життєвого циклу. Тому рекомендації можуть бути застосовані на будь-якому рівні управління: портфолію, програма чи проєкт. Усі практики, компетенції, рекомендації або необхідні дії щодо управління ризиками в межах проєкту повинні відбуватися своєчасно щодо життєвого циклу проєкту. Інститут управління проєктами Project Management Institute (PMI) розділяє процес управління ризиками на такі підпроцеси: планування

управління ризиками; ідентифікація ризиків; аналіз ризиків; планування реагування на ризики; реагування на ризики та моніторинг ризиків.

У межах підпроцесу планування визначаються ступінь, методи та інструменти для роботи з ризиками. Все це залежить від методології та специфіки проекту, його пріоритету на рівні портфеля, програми або рівня компанії, його розміру, цілей та кількості і складності зацікавлених сторін. Аналіз ризиків ІТ-проекту починається з їх класифікації й ідентифікації, тобто з їх якісного описання і визначення – які види ризиків властиві конкретному ІТ-проекту в даному конкретному оточенні за наявних економічних, політичних, правових умов. Аналіз проектних ризиків поділяється на якісний і кількісний. Структурна схема аналізу ризиків ІТ-проекту представлена на рисунку 2.



Рис. 2. Структурна схема аналізу ризиків ІТ-проекту.

Аналіз ризиків ІТ-проекту варто почати з визначення головної мети самого проекту. У цьому випадку ставиться завдання забезпечення максимально ефективного функціонування певного ІТ-проекту в умовах ризику. Найцікавішим є саме етап забезпечення ефективності системи керування ризиками, їх можливий вплив на сам проєкт та варіанти мінімізації. Узагальнений процес керування ризиком зображений на рисунку 3. Послідовність аналізу ризиків наведена на рисунку 4.

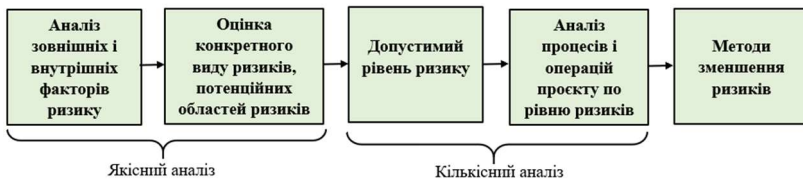


Рис. 4. Послідовність аналізу ризиків.

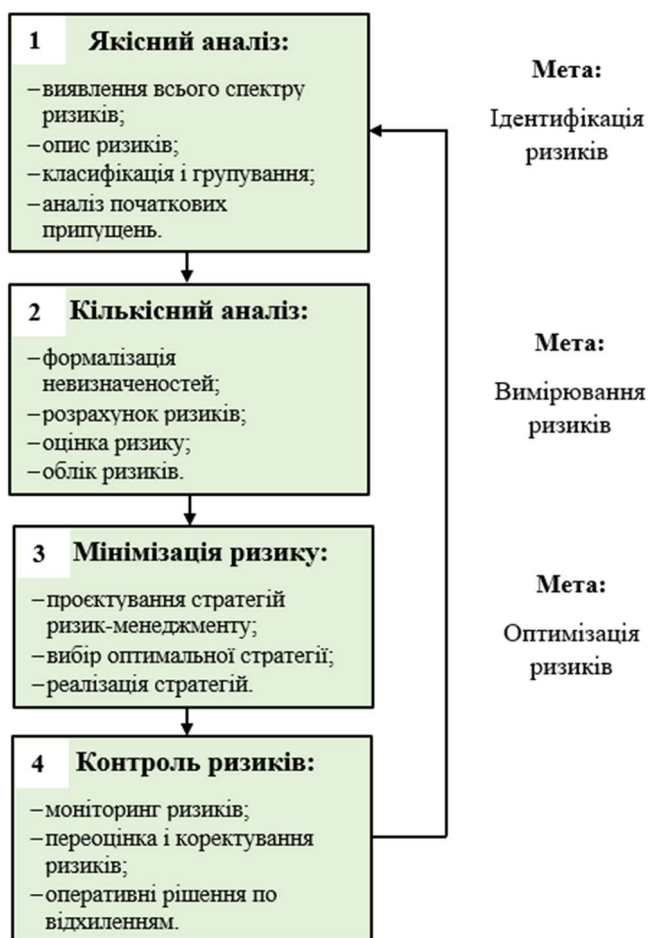


Рис. 3. Схема процесу керування ризиками.

Якісний аналіз – це саме пріоритезація і надання індивідуальним ризикам характеристик з метою реагування на них вчасно. Індивідуальні ризики записують до реєстру ризиків. Виокремлюють такі базові характеристики індивідуального ризику проекту:

- ймовірність – це ймовірність виникнення ризику;
- вплив – показує ступінь впливу ризику на проект;
- пріоритет – одна з характеристик оцінки ризику з урахуванням вірогідності ризику та його впливу;

– тригер – це подія, стан, річ або предмет, який показує та сповіщає про те, що найімовірніше виникне ризик (або коли це вже факт, тому ймовірність ризику наближається до 100%);

– стратегія – це категоризована техніка управління ризиком;

– заходи – включає можливі дії щодо зменшення або усунення будь-яких негативних ризиків для проєкту при виникненні ризику або збільшення позитивних наслідків від можливості;

– власник – це особа, відповідальна за моніторинг ризиків та виконання заходів щодо ризиків, коли це доречно.

Слід зазначити, що визначення основних характеристик ризику – ймовірність, пріоритет та вплив є досить суб'єктивними, оскільки вони базуються на думці проєктної команди та зацікавлених сторін, що вносить деяку необ'єктивність в оцінювання ризиків, яку потрібно враховувати і робити поправку.

Кількісний аналіз – це чисельний аналіз сукупного впливу пріоритетних, ідентифікованих індивідуальних ризиків проєкту та інших джерел невизначеності на цілі проєкту загалом [4]. Кількісний аналіз є доречним тільки для проєктів великих масштабів, з високим рівнем підготовки проєктної документації (з фіксованим об'ємом робіт з проєкту, з розкладом та вартістю) та з високим пріоритетом в рамках компанії.

Серед найвідоміших методів аналізу даних: імітації, дерево рішення, діаграми впливу, аналізу чуттєвості або «торнадо». Кількісний аналіз може допомогти визначити діапазон можливих значень, наприклад, дату закінчення проєкту або фінальної вартості проєкту (будь-яка задана ціль проєкту). Основні відмінності якісного і кількісного аналізу відображено у таблиці 1.

Як було зазначено раніше, основна теорія і методи управління проєктами є базисом для будь-якої галузі, але ризики ІТ-проєктів та, наприклад, ризики проєктів матеріально-технічного забезпечення автотранспортних підрозділів Збройних Сил України [4] є концептуально різними і потребують доопрацювання в методах їх управління, які й дають поле діяльності для науковців.

Серед основних ризиків ІТ-проєктів виокремлюють такі категорії [4]: вади планування і документації; зміна вимог; плінність кадрів; порушення або неправильне трактування специфікацій; низька продуктивність.

Загалом зрілі сертифіковані ІТ-компанії мають свої активи, які повинні включати стандартні інструменти для методів аналізу ризиків, архіви реєстрів ризиків та вивчених уроків. Тому управління ризиками ІТ-проєктів повинно здійснюватися залежно від наявних активів, адаптуючи їх під тип проєкту, його цілі та пріоритет [1, 4].

Таблиця 1. Відмінності аналізу ризиків

Рівні ієрархії	Якісний аналіз	Кількісний аналіз
Проекти	– невеликі за масштабом проекти; – прості проекти (нефіксований або фіксований об'єм робіт); – низький рівень документації.	– великі довгострокові проекти з фіксованим об'ємом робіт; – складні проекти; – високий рівень документації; – високий пріоритет.
Ризики	– індивідуальні ризики; – загрози; – можливості.	– індивідуальні ризики; – будь-які джерела невизначеності; – сукупний ризик; загрози; можливості.
Інструменти	Реєстр ризиків.	– використання результатів якісного аналізу; – програмне забезпечення для чисельного аналізу.
Методи	– Мозкові штурми; – інтерв'ю; – контрольні списки; – ієрархічні діаграми	– імітації (метод Монте-Карло); – дерево рішення; – діаграми впливу; – діаграма аналізу чуттєвості.
Залежності	Активи компанії.	– використання результатів якісного аналізу; – активи компанії.

Таким чином, метою аналізу ризиків є оцінка всіх їх видів і визначення можливих шляхів їх зниження, доцільності реалізації ІТ-проекту за наявного ступеня ризику та способів його зменшення. Цей аналіз передбачає виявлення ризиків проекту й їх оцінку з визначенням впливових чинників, пошук шляхів зниження ризику, врахування його за оцінки доцільності реалізації проекту та способу його фінансування.

Ризики ІТ-проектів автоматизації ніколи не приймає нульового значення, адже середовище, в якому він здійснюється, ніколи не є детермінованим та чітко визначеним. Незважаючи на всі сучасні методи і підходи для зниження ризику, менеджер ІТ-проекту повинен безперервно контролювати (здійснювати *моніторинг*) ситуацію на кожному етапі, своєчасно реагуючи на «слабкі сигнали» ймовірного ризику. Якщо пропустити початок розвитку ризикового події, то, незважаючи на наступні правильні дії, збитки будуть значно вище, ніж у випадку попередження небезпеки, що насувається. Це – «золоте

правило» антикризового управління. Менеджер повинен пам'ятати, що будь-яка ризикова ситуація, принесе збитки не тільки організації, але і йому самому, знизивши рівень ефективності його роботи.

Список використаних джерел

1. Катренко, А. В. (2011) Управління ІТ-проектами. Кн. 1. Стандарти, моделі та методи управління проектами : підручник. Львів : «Новий Світ – 2000», 2011. 550 с.
2. Добровська Л. М., Коваленко О. С., Аверьянова, О. А. Управління ІТ-проектами : Загальні питання теорії управління ІТ-проектами (конспект лекцій) : навч. посіб. для студ. Спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» [Електронний ресурс] / уклад. Л. М. Добровська, О. С. Коваленко, О. А. Аверьянова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 3,67 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022 284 с.
3. Сидорук, М. В., Григорова, А. А. Концепція управління ризиком в ІТ-проектах. ВІСНИК ХНТУ. 2024. № 4(91). Розділ «Інформаційні технології», С. 333-341. DOI : <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.4.44>.
4. Грабіна К. В., Шендрик, В. В. Огляд процесів управління ризиками в ІТ-проектах у контексті стандартів проектного менеджменту. Управління проектами. Управління розвитком складних систем. 2020. № 43. С. 26 – 32. DOI : [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.43.26-32](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.26-32).
5. Храпкін О. М., Кіндрат О. В., Чопей, Р. С. Управління проектами в ІТ-галузі : методики, інструменти та керування ризиками. ЕКОНОМІКА ТА СУСПІЛЬСТВО. 2023. Вип. №55. Розділ «Менеджмент». DOI : <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-110>.

*Калініна І. О.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІС,
Гожий О. П.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІС,
Шиян С. І.,
аспірант,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА НЕРУХОМІСТЬ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЕВИХ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Рішення багатьох прикладних задач машинного навчання залежать від різних факторів: специфіки предметної області та структури вихідного набору даних, обсягу даних, наявності різних типів невизначеностей у даних. Але одним із основних завдань, що вирішуються в задачах машинного навчання, є отримання точних прогнозів щодо поведінки складних об'єктів та систем. Прогнозні значення отримують на основі попереднього аналізу даних та аналізу минулої поведінки досліджуваної системи. Часто під час визначення прогнозних значень виникає багато проблем, які неможливо вирішити відомими методами та відповідними алгоритмами. Проблеми виникають через те, що іноді механізми генерації реальних даних точно не відомі або розмір вибірки недостатній для побудови якісної прогнозової моделі. Реальні дані часто містять нелінійності та/або нестационарність різних типів. Прогнозна модель, побудована за допомогою методів машинного навчання, суттєво залежить від процесу попередньої обробки даних, оскільки невизначеності даних виявляються та враховуються на етапах цього процесу. Використання сучасної методології системного аналізу у вирішенні задач моделювання та прогнозування є необхідним для побудови точніших моделей прогнозування. Це дозволяє використовувати математичні моделі для моделювання процесів різної природи на основі сучасних розробок у галузі ймовірісно-статистичних методів та теорії їх оцінювання [1].

Аналіз реальних даних зазвичай вимагає врахування різних типів невизначеностей даних, а також структури досліджуваного процесу, невизначеностей параметрів моделі та невизначеностей, пов'язаних із якістю моделей та прогнозів. Усі типи невизначеностей можна розділити на *статистичні, структурні та параметричні* [1-3].

Особливий інтерес для досліджень становить побудова інформаційної системи для прогнозування цін на нерухомість на основі системного використання методів машинного навчання. Для цього необхідно визначити основні особливості системного підходу до процесів моделювання та прогнозування. Побудувати та реалізувати узагальнений алгоритм аналізу та попередньої обробки даних. Розробити та дослідити архітектуру інформаційної системи для вирішення задачі прогнозування цін на нерухомість, а також експериментально представити переваги системного підходу для вирішення задач машинного навчання.

Системний підхід є методологічною основою вирішення задач моделювання та прогнозування. Основою системного підходу є послідовне та взаємопов'язане використання груп методів аналізу та попередньої обробки даних, методів моделювання та оцінки якості моделей, а також методів прогнозування та оцінки якості отриманих прогнозних значень. Цей процес є ітеративним та ієрархічним. Структурна схема системного підходу до вирішення задач моделювання та прогнозування в задачах машинного навчання представлена на рисунку 1.

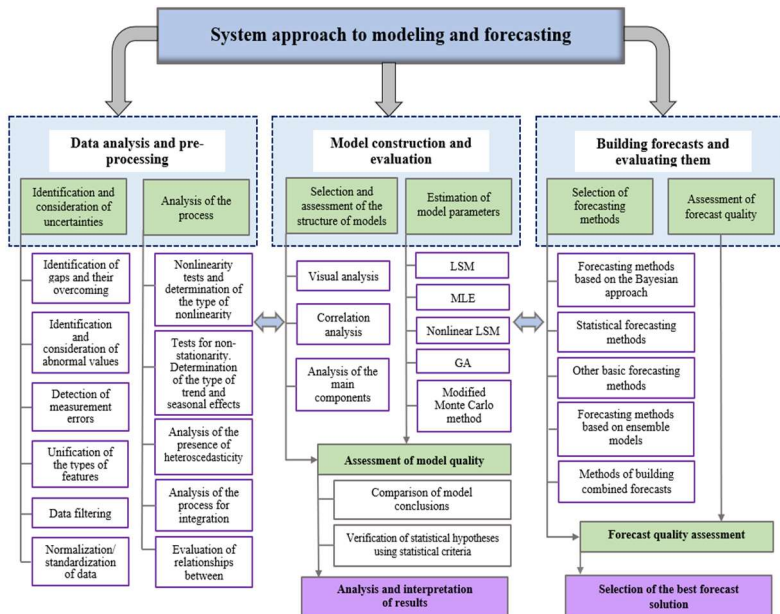


Рис.1. Структура системного підходу до моделювання та прогнозування

Системний підхід базується на аналізі складного процесу (об'єкта), що досліджується. Ця системна методологія починається з ідентифікації та врахування невизначеностей, насамперед статистичного типу. Очищені дані після аналізу та попередньої обробки використовуються для побудови базових моделей, у яких ідентифікуються та враховуються невизначеності структурного та параметричного типів.

Прогнозні значення, отримані на етапі прогнозування, можуть бути покращені, за необхідності, шляхом об'єднання прогнозних значень або за допомогою використання гетерогенних ансамблів моделей [1, 4, 5].

Системна методологія моделювання та прогнозування вирішує такі завдання:

- використання методів аналізу та попередньої обробки даних відповідно до завдання машинного навчання та характеристик набору даних;

- аналіз даних, ідентифікація та врахування статистичних невизначеностей (прогалини, аномальні значення, помилки, повторення в даних, вивчення типу розподілу ознак);

- ідентифікація та подолання структурних та параметричних невизначеностей у процесі моделювання;

- комплексна оцінка адекватності моделей та якості прогнозів за допомогою набору критеріїв;

- побудова та аналіз базових альтернативних моделей прогнозування;

- системний підхід до вибору методів оцінки параметрів моделей прогнозування (LSM, MLE, нелінійний LSM та інші);

- оптимізація структур базових моделей прогнозування.

Таким чином, системний підхід до моделювання та прогнозування об'єднує три групи завдань та методів: завдання аналізу та попередньої обробки даних; завдання, пов'язані з побудовою базових моделей прогнозування та їх оцінкою; завдання побудови прогнозів та оцінки їх якості.

Кожна з цих груп завдань об'єднує методи та підходи, що становлять елементи інформаційних технологій. Перше завдання аналізу та попередньої обробки даних поділяється на дві підгрупи методів: методи виявлення та врахування різних типів статистичних невизначеностей та методи аналізу досліджуваного процесу та його окремих компонентів. Друге завдання побудови базових моделей прогнозування та оцінки їх адекватності поділяється на дві підгрупи методів: методи вибору та оцінки структури моделей та методи оцінки параметрів моделі. Третє завдання побудови прогнозів та оцінки їх якості також поділяється на дві підгрупи методів: методи та підходи до побудови прогнозних

значень та методи їх оцінки. Усі методи та підходи до вирішення задач машинного навчання використовуються систематично та взаємопов'язано. Інформаційні технології для вирішення реальних задач аналізу даних та вирішення різноманітних задач машинного навчання побудовані на основі системного підходу.

Для демонстрації переваг системного підходу до вирішення задач моделювання та прогнозування було використано набір даних *flats.csv* [6], який містить інформацію про нерухомість у вигляді певного набору характеристик. У файлі зазначено ціни на квартири, тип, площу, стан, розташування та кількість кімнат.

Під час статистичного опису для кожної змінної було розраховано основні показники, що дозволяє проаналізувати їх розподіл та мінливість. Ці показники включають середнє значення, медіану, стандартне відхилення та інші параметри, що допомагають виявити особливості даних та можливі аномалії. Кожна з цих змінних відображає ключові характеристики об'єктів нерухомості, які можуть суттєво впливати на їхню ринкову вартість. Зокрема, важливо враховувати, що аналіз дозволяє виявити закономірності, а також оцінити ступінь впливу різних параметрів на ціноутворення [1]. На основі статистичного опису можна зробити висновок про необхідність додаткової обробки перед використанням даних у моделі прогнозування.

Згідно з прийнятою практикою, очищений набір даних, підготовлений до моделювання, був розділений у співвідношенні 80:20 [2,3]. Таким чином, 80% даних було виділено як навчальна вибірка, яка готується для навчання моделей та аналізу їх адекватності. Потім 20% даних було залишено як тестова вибірка, яка призначена для перевірки якості базових прогностичних моделей. Це дозволяє уникнути перенавчання, коли модель показує високі результати на навчальних даних, але має низьку продуктивність на нових, невідомих даних.

Базовими прогностичними моделями, що розглядалися, були модель лінійної регресії, модель множинної регресії, модель поліноміальної регресії, модель дерева рішень, модель регресії випадкового лісу та модель XGBoos. Для кожної моделі обрано структуру та знайдено параметри, за яких моделі мали найкращі показники якості прогнозів на тестовому наборі даних. Таким чином, було вирішено проблему врахування структурних та параметричних невизначеностей. У таблиці 1 представлено значення показників якості після навчання та тестування кожної з базових прогностичних моделей.

Таблиця 1. Узагальнена таблиця для оцінки адекватності прогностичних моделей та якості прогнозів.

Типи моделей	Показники якості моделі				Показники якості прогнозу		
	R ²	DW	AIC	F	MSE	MAPE	Theil
Лінійна регресія	0.774	0.964	15.632	141.064	0.074	3.379	0.0193
Множинна регресія	0.861	1.021	-5.378	255.777	0.045	1.554	0.0096
Поліноміальна регресія	0.788	0.933	12.965	152.712	0.071	1.555	0.0096
Деревя рішень	0.710	1.153	26.386	100.777	0.098	2.110	0.0138
Випадковий ліс	0.761	1.070	18.030	131.188	0.082	2.115	0.0131
XGBoost	0.790	1.107	12.576	154.473	0.068	1.675	0,0111

Після аналізу результатів з таблиці 1, серед основних моделей прогнозування слід виділити регресійну модель на основі множинної регресії та модель XGBoost. За допомогою цих моделей були отримані значення прогнозування кращої якості.

Для зменшення похибки прогнозних значень необхідно використовувати підходи, що дозволяють одночасно впливати на зменшення дисперсії та зміщення. Зменшення значення кожного з цих компонентів допомагає зменшити загальну похибку, а якщо можливо зменшити як зміщення, так і дисперсію, то загальна похибка прогнозу максимально зменшується та покращується якість прогнозів. Підходом, що дозволяє реалізувати подібну методіку, є ансамблеве навчання. Структури модельних ансамблів поділяються на дві групи [4,5]: структури гомогенних ансамблів та структури гетерогенних ансамблевих моделей. Структура гомогенного ансамблю використовує базові прогнозні моделі одного типу, тоді як структура гетерогенного ансамблю використовує базові прогнозні моделі різних типів. Основна ідея ансамблевого навчання полягає в тому, що ансамблі працюють краще, ніж їх компоненти, коли базові прогнозні моделі не ідентичні (використовуються різні принципи побудови моделі). Необхідною умовою корисності ансамблевого підходу є те, що базові прогнозні моделі повинні мати значний рівень відмінностей, які призводять до помилок незалежно одна від одної [7-9]. Обмеження структур однорідних ансамблів можна подолати, використовуючи гетерогенні ансамблі. Побудова ансамблю зазвичай є двоетапним процесом: набір різних базових моделей генерується шляхом запуску різних алгоритмів навчання на навчальних даних, а потім згенеровані моделі об'єднуються

в ансамбль. Дослідження показують, що сила гетерогенного ансамблю пов’язана з продуктивністю базових прогностичних моделей та відсутністю кореляції між ними. Тому для покращення отриманих прогностичних значень була розроблена схема ансамблевого підходу, яка представлена на рисунку 2.

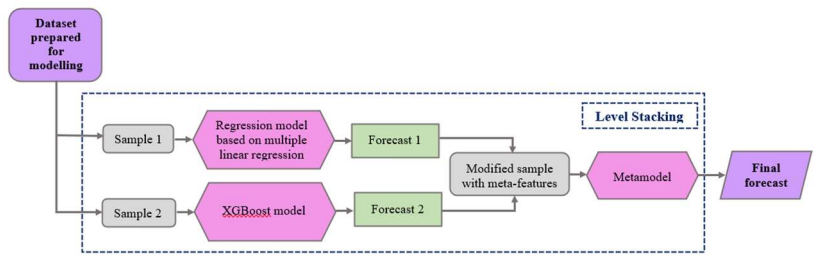


Рис. 2. Схема ансамблевого підходу для покращення прогнозованих значень.

Пропонується побудувати одношаровий гетерогенний ансамбль моделей на основі методу *stacking* з метамоделлю на основі методу опорних векторів. Для покращення якості агрегації прогностичних значень в якості базових моделей для *stacking* були обрані найкращі моделі з етапу моделювання базових прогностичних моделей: регресійна модель на основі множинної регресії та модель XGBoost. Важливо, щоб обрані моделі не корелювали одна з одною. XGBoost також є ансамблевою моделлю, але XGBoost є гомогенною ансамблевою структурою. Таким чином, у схемі, представлений на рис. 2, присутні дві ансамблеві структури: гомогенна (Boosting) та гетерогенна (Stacking). Оцінки якості прогнозів після процедури навчання ансамблю, які наведені в таблиці 2, вказують на зменшення загальної похибки.

Таблиця 2 – Таблиця оцінок якості прогнозів після процедури навчання ансамблю

Типи моделей	R ²	MSE	MAPE	Theil
Множинна регресія	0,861	0,045	1,554	0,0096
XGBoost модель	0,790	0,068	1,675	1,0111
Результати шару stacking	0,882	0,041	1,516	0,0091

Модель *stacking* демонструє найкращі значення показників. Це свідчить про те, що покращення якості прогнозів шляхом системного використання ансамблевих моделей дає перевагу порівняно з результатами прогнозів за будь-якими базовими прогностичними моделями.

У дослідженні представлено системний підхід до моделювання та прогнозування на прикладі задачі прогнозування цін на ринку нерухомості. Системний підхід базується на аналізі досліджуваних процесів, встановленні типів існуючих характерних невизначеностей (статистичних, структурних, параметричних), оцінці структури та параметрів моделі, а також прогнозах на основі побудованої моделі. Розроблено та представлено структурну схему системного підходу до моделювання та прогнозування. Вона об'єднує три групи завдань на єдиній методологічній основі: завдання аналізу та попередньої обробки даних; завдання побудови та оцінки моделей; завдання побудови та оцінки прогнозів. Особлива увага приділяється процесу попередньої обробки даних. Розроблено та представлено архітектуру інформаційно-аналітичної системи для вирішення задач прогнозування. Як приклад вирішення прикладної задачі розглянуто процес прогнозування цін на ринку нерухомості. Представлено результати наступних етапів: збір даних, дослідження та підготовка даних, навчання моделі на даних, визначення ефективності моделі, підвищення ефективності моделі.

На етапі моделювання використовувалися такі моделі: три типи регресійних моделей та три типи моделей, побудованих на деревах. Ефективність прогнозних рішень оцінювалася за допомогою метрик якості MAPE, MSE, RMSE та коефіцієнта Тейла. Для зменшення загальної похибки прогнозних значень базових моделей було реалізовано схему одношарового гетерогенного ансамблю моделей на основі методу *stacking*. Ансамбль побудований на найкращих базових моделях різних груп для запобігання кореляції між ними. Такий підхід ефективно підвищує якість прогнозних рішень.

Список використаних джерел

1. Kalinina I., Gozhyj A., Vysotska V., Malakhov E., Gozhyj V., Tregubova I. System methodology of data analysis and preprocessing for solving classification problems, in : Proceedings of the 2024 IEEE 19th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT). Lviv, Ukraine, 2024. DOI :10.1109/CSIT65290.2024.10982630.
2. Lantz B. Machine Learning with R : Expert Techniques for Predictive Modeling. 3rd ed., Packt Publishing, 2019, 458 p.
3. Nielsen A. (2019) Practical Time Series Analysis : Prediction with Statistics and Machine Learning, O'Reilly Media, 2019, 504 p.
4. Kalinina I., Gozhyj A., Bidyuk P. Gozhyj, V. Multilevel ensemble approach in classification problems, in : Proceedings of the 2024 IEEE 19th International Conference on Computer Science and Information Technologies

(CSIT), Lviv, Ukraine, 2024. DOI :10.1109/CSIT65290.2024.10982625. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10982625>.

5. Kalinina I., Gozhyj A., Gozhyi V. Shiyan S. Improving the architecture of a two-level heterogeneous ensemble for solving machine learning problems, in : Proceedings of the Intelligent Systems Workshop at the 9th International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (CoLInS-2025), Kharkiv, Ukraine, May 15–16, 2025. URL : <https://ceur-ws.org/Vol-3983/>.

6. Dataset : Flats CSV. URL : <https://www.kaggle.com/datasets/dmitry11/flats-csv>.

7. Kunapuli G. Ensemble Methods for Machine Learning, Manning, 2023, 352 p. ISBN : 9781638356707.

8. Mishra D., Tripathi Sh. M., Chaurasia A. Chaurasia, P. K. A review on ensemble learning methods : Machine learning approach, International Journal of Research Publication and Reviews 6 (2) (2025) 3795–3803. DOI :10.55248/gengpi.6.0225.0971.

9. Shah M., Gandhi K., Patel K. A. Kantawala H. Patel, R. Kothari, A. Theoretical evaluation of ensemble machine learning techniques, in: Proceedings of the 2023 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), 2023. DOI :10.1109/ICSSIT55814.2023.10061139.

УДК 004.82

Ковалів О. П.,
аспірант,

Кондратенко Г. В.,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри ІС,

Сіденко Є. В.,

канд. техн. наук, доцент, в. о. завідувача кафедри ІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКЗОГЕННИХ ЗМІННИХ

Прогнозування часових рядів є значним викликом у світі бізнесу та залишається ключовою галуззю застосування машинного навчання (МН). Чи то управління запасами, відносини з клієнтами, стратегічне планування чи маркетинг, точні прогнози часових рядів є важливими майже у всіх аспектах сучасних підприємств. Зокрема, у маркетингу машинне навчання відіграє життєво важливу роль. Воно дозволяє

сегментувати аудиторію, персоналізувати повідомлення та оптимізувати кампанії, аналізуючи величезні обсяги даних про клієнтів.

Нещодавнім та перспективним розвитком у прогнозуванні часових рядів є поява мереж N-BEATS. Ці моделі відрізняються своєю здатністю самостійно вивчати часові структури в даних, надаючи точні прогнози навіть при роботі зі складними, нелінійними часовими рядами.

У ході дослідження було використано широко поширену базову модель в прогнозуванні часових рядів: модель NaiveSeasonal. Ця модель надала міцну основу для порівняння та оцінки продуктивності основної моделі – N-BEATS [1, 2]. Для цього аналізу було використано дані з набору даних Ember «Європейська оптова ціна електроенергії», який містить історичні дані про оптові ціни на електроенергію в європейських країнах. Зокрема, для цього дослідження було використані історичні дані про оптові ціни на електроенергію в Польщі.

Набір даних було розділено на навчальний та тестовий набори для прогнозування з горизонтом прогнозування 4 тижні (28 днів). Візуалізацію навчального та тестового набору даних за допомогою лінійної діаграми зображено нижче (Рисунок 1). Крім того, значення дати й часу в навчальному наборі були перетворені на позначки часу Unix для сумісності з моделлю прогнозування.

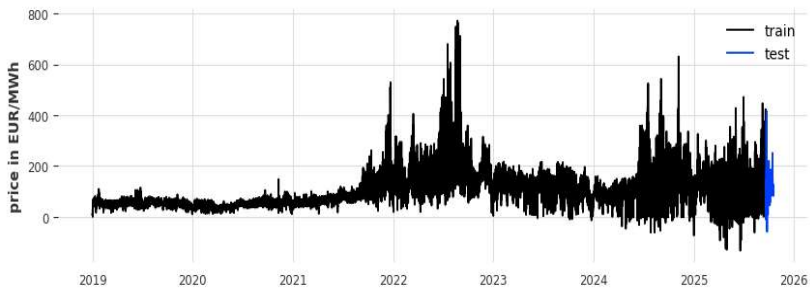


Рис. 1. Візуалізація навчального та тестового набору даних.

Модель NaiveSeasonal використовує сезонний наївний підхід, враховуючи тривалість сезону 24 години, помножену на 7 днів (один тиждень). Модель було навчено на навчальних даних. Прогнози було сформовано для тестових даних. Візуалізацію порівняння між прогнозованими та істинними значеннями зображено нижче (Рисунок 2). Середня абсолютна помилка (MAE) становить приблизно 36,73.

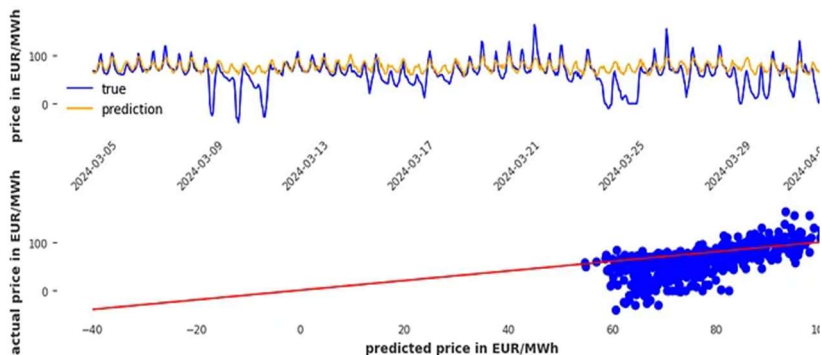


Рис. 2. Візуалізація прогнозування моделі NaiveSeasonal.

Модель N-BEATS пропонує гнучкість для включення екзогенних змінних. Екзогенні змінні в часових рядах – це зовнішні фактори, які впливають на цільову змінну, але не залежать від неї [2, 3]. Ці змінні мають бути відомі або передбачені заздалегідь і можуть значно покращити точність прогнозу часового ряду, враховуючи зовнішні події. Прикладами є економічні показники, погода, свята або рекламні заходи.

Для аналізу було передано такі змінні, як година доби, враховуючи визначену щоденну сезонність з періодом 24 години, та день тижня з періодом 168 годин. Інтегруючи ці екзогенні змінні в модель, ми можемо покращити її прогностичні можливості, фіксуючи додаткові закономірності та кореляції, присутні в даних.

Включеними екзогенними змінними є година доби та день тижня. Модель було навчено на навчальних даних. Прогнози було сформовано для тестових даних. Візуалізацію порівняння між прогнозованими та істинними значеннями зображено нижче (Рисунок 3). Середня абсолютна помилка (MAE) становить приблизно 16.22.

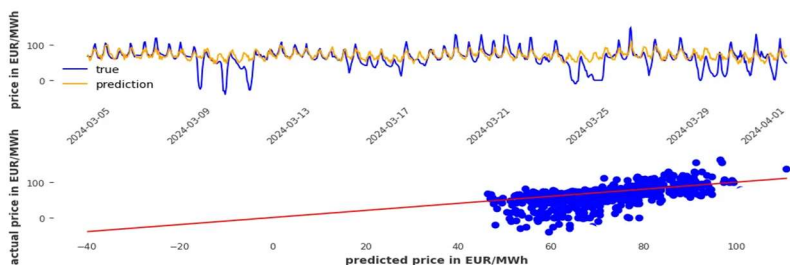


Рис. 3. Візуалізація прогнозування моделі N-BEATS з екзогенними змінними.

У результаті даної роботи було проведено аналіз впливу екзогенних змінних на результат прогнозування часових рядів – інтеграцію екзогенних змінних у модель N-BEATS, використовуючи варіант NBEATSx. Включивши такі змінні, як година доби та день тижня, ми прагнули зафіксувати додаткові часові закономірності та розширити прогностичні можливості моделі. Модель NBEATSx показала багатообіцяючі результати з MAE 16,22, що вказує на потенційні переваги використання екзогенної інформації для прогнозування цін на електроенергію, позиціонуючи її як найкращу модель у цьому дослідженні.

Список використаних джерел

1. Nayak G. H. H., Alam M. W., Avinash G. et al. N-BEATS Deep Learning Architecture for Agricultural Commodity Price Forecasting. Potato Res. 68, 1437–1457 (2025). DOI : <https://doi.org/10.1007/s11540-024-09789-y>
2. Choudhary S. K., Vaishnavi U., Patchala D., Kumar P. (2025). Early Detection and Diagnosis of Seasonal Diseases Using Machine Learning. In: Tiwari, M., Singh, G., Ismail, T., Singh, N. (eds) Proceedings of the International Conference on Sensors and Microsystems. ICSM 2024. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1381. Springer, Singapore. DOI : https://doi.org/10.1007/978-981-96-3644-0_22
3. Yuxuan Wang, Haixu Wu, Jiaxiang Dong, Yong Liu, Yunzhong Qiu, Haoran Zhang, Jianmin Wang, Mingsheng Long TimeXer: Empowering Transformers for Time Series Forecasting with Exogenous Variables. URL : <https://arxiv.org/html/2402.19072v1>

УДК 004.896:519.178

Кулаковська І. В.,

*канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри ІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ В СИСТЕМАХ ПЕРСОНАЛЬНОГО ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТРОЇДА

У сучасних умовах високої інтенсивності інформаційних потоків та обмеженості ресурсів часу актуальним є завдання оптимального планування щоденної діяльності. Традиційні методи тайм-менеджменту часто не враховують складні комбінаційні обмеження, що виникають при одночасному врахуванні пріоритетів, категорій активності, часових рамок

та взаємної несумісності справ. У цьому контексті особливу увагу привертає застосування математичних структур, здатних формалізувати поняття незалежності та допустимості вибору.

Матроїд – це абстрактна алгебраїчна структура, яка узагальнює концепцію незалежності, властиву лінійній алгебрі, теорії графів та комбінаториці. Завдяки аксіомам спадання та обміну, матроїди забезпечують теоретичне підґрунтя для побудови жадібних алгоритмів, що гарантують оптимальність розв’язку в певних класах задач. У даній роботі розглядається модель складання розпорядку дня як задача вибору максимальної незалежної множини активності, що задовольняють часові та категорійні обмеження. Такий підхід дозволяє формалізувати процес планування у вигляді партиційного матроїда та застосувати ефективні алгоритмічні стратегії для його розв’язання.

Основне визначення. Матроїд – це абстрактна математична структура, яка узагальнює поняття незалежності, подібно до лінійної незалежності у векторних просторах, але застосовується до довільних множин.

Матроїд – це пара (E, I) , де:

– E – скінченна множина (називається носієм матроїда),

– I – сімейство підмножин множини E , які називаються незалежними множинами.

Ці множини повинні задовольняти такі **аксіоми**:

1. Непорожність: порожня множина належить I .
2. Спадання: якщо $A \in I$ і $B \subseteq A$, то $B \in I$.
3. Обмін: якщо $A, B \in I$ і $|A| > |B|$, то існує елемент $a \in A \setminus B$, такий що $B \cup \{a\} \in I$.

Задача на вибір максимальної кількості незалежних елементів

Умова: є множина предметів $E = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, кожен з яких має певну властивість (наприклад, колір, форму, тип). Деякі комбінації предметів вважаються «залежними» – тобто не можна вибрати їх разом. Наприклад, не можна вибрати більше ніж один предмет одного типу.

Мета: знайти найбільшу підмножину предметів, у якій немає двох однакових типів. Це приклад уніформного матроїда або партиційного матроїда, де: E – множина предметів, а незалежні множини – ті, що містять не більше одного елемента з кожного типу.

Ситуація: розпорядок дня з обмеженнями

У вас є список справ на день: зустрічі, тренування, навчання, відпочинок, покупки тощо.

Кожна справа має: *тривалість, категорію* (робота, особисте, здоров’я), *пріоритет*.

Обмеження (матроїд).

- Не можна виконувати більше ніж одну справу одночасно.
- Не можна перевищити загальний час (наприклад, 10 годин).
- Не можна вибрати більше ніж одну справу з однієї категорії в певний період (наприклад, не більше однієї зустрічі на ранок).

Змоделюємо це як партиційний матроїд, де E – множина всіх справ.

Незалежні множини – ті, що:

- не перекриваються в часі,
- не порушують обмеження по категоріях,
- не перевищують загальний ліміт часу.

Жадібний алгоритм для планування.

1. Відсортувати справи за пріоритетом (наприклад, важливість або користь).

2. Додавати справу до розпорядку можна, якщо вона не порушує обмеження (час, категорія, накладання).

3. Продовжувати, поки не заповниться доступний час.

Приклад застосування. Припустимо, доступні такі справи (таблиця 1):

Таблиця 1. Розпорядок дня з тривалістю, категорією, пріоритетом

Справа	Категорія	Тривалість	Пріоритет
Онлайн-курс	Навчання	2 год	Високий
Прогулянка	Здоров'я	1 год	Середній
Зустріч з клієнтом	Робота	1.5 год	Високий
Шопінг	Особисте	2 год	Низький
Медитація	Здоров'я	0.5 год	Високий

Жадібний алгоритм на основі матроїда вибере:

- онлайн-курс (навчання),
- зустріч з клієнтом (робота),
- медитацію (здоров'я).

Прогулянка не буде включена, бо вже є активність зі здоров'я. Шопінг – низький пріоритет.

Ця задача демонструє, як матроїд дозволяє формалізувати обмеження на вибір і гарантує, що жадібний алгоритм знайде оптимальне рішення.

Застосування матроїдної теорії до задачі складання розпорядку дня демонструє високу практичну ефективність у контексті оптимального вибору активностей за обмежених ресурсів часу та множинних умов несумісності. Завдяки формалізації поняття незалежності, матроїд дозволяє структурувати множину справ таким чином, щоб забезпечити максимальну продуктивність без порушення заданих обмежень – часових, категорійних або логістичних.

Жадібні алгоритми, що базуються на матроїдній структурі, гарантують оптимальність вибору у випадках, коли клас задач задовольняє аксіому матроїда. Це відкриває можливості для побудови інтелектуальних систем планування, які здатні адаптивно реагувати на зміну пріоритетів, ресурсів та умов. Таким чином, матроїдний підхід є не лише теоретично обґрунтованим, а й практично придатним для реалізації в цифрових асистентах, мобільних додатках та системах персонального тайм-менеджменту.

Список використаних джерел

1. Wahlström M. (2024). Representative set statements for delta-matroids and the Mader pp. 780–810. SIAM. Advance online publication. Available at : <https://doi.org/10.1137/1.9781611977912>
2. Koana T. and Wahlström M. (2025). Faster Algorithms on Linear Delta-Matroids. In : O. Beyersdorf, M. Pilipczuk, E. Pimentel, and N. K. Thang, eds. 42nd International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 2025). Leibniz International Proceedings in Informatics, vol. 327, article no. 62, pp. 62:1–62:19. Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik. Available at : <https://drops.dagstuhl.de/storage/00lipics/lipics-vol327-stacs2025/LIPIcs.STACS.2025.62/LIPIcs.STACS.2025.62.pdf>

УДК 004.8

*Салютін М. О.,
аспірант, викладач кафедри ІІС,
Кондратенко Ю. П.,
д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІІС,
Сіденко Є. В.,
канд. техн. наук, доцент, в. о. завідувача кафедри ІІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНИМ ЗАСТОСУНКОМ НА ПЛАТФОРМІ UNITY ЗА ДОПОМОГОЮ ЖЕСТИВ

Метою роботи є створення власної гри та додаткового застосунку на базі машинного навчання та комп'ютерного зору за допомогою жестів та інструменту MediaPipe. Актуальність дослідження полягає в створенні програмного скрипта для керування інтерактивним ігровим

застосунком Unity на основі розпізнавання жестів. Враховуючи мету, подібні програми вимагають доопрацювання особливих умов під час розробки та врахування системних вимог та оптимізації процесу під час роботи гри та застосунку розпізнавання жестів. Ключова ідея полягає у використанні камерного відстеження руки, обробки ключових точок (landmarks) та трансляції розрахованих керуючих сигналів у гру за допомогою UDP-пакетів.

Для розробки інтерактивного застосунку (гри) було взято безкоштовні асети з Unity Asset Store [1]. За основу було узято жанр гоночні ігри. Основним завданням в іграх цього жанру є змагання у швидкості на певному виді техніки. Це можуть бути гонки на автомобілях, космічних кораблях, екзотичних, неіснуючих тварин та ін. Прикладом такої гри може бути відома серія ігор Need For Speed.

На першому етапі здійснювалася структурна організація сцени. Було сформовано ігровий простір із трасою, контрольними точками та елементами навколишнього середовища. Для цього застосовувалися тривимірні моделі, системи освітлення та матеріали, що забезпечували цілісність ігрового світу та відповідність вимогам до візуального сприйняття.

Для створення ігрової цілісності ігрового процесу було розроблено систему контролю проходження траси. Дана система передбачає фіксацію досягнення контрольних точок у вигляді кілець, а також розрахунку часу для проходження та визначення моменту завершення гри (при проходженні всіх кілець-чекпоінтів). Цей функціонал служить ключовим аспектом для відтворення логіки гоночного змагання та формування умов для оцінки результативності проходження траси. Завершальним етапом було проведення розширення візуальних ігрових деталей. Додано декоративні елементи трас, вдосконалено систему освітлення, впроваджено ефекти частинок та звукове супроводження, що надало грі вищого рівня реалістичності. Фінальною стадією розробки ігрового застосунку передбачує впровадження сценаріїв завершення, тобто відображення підсумкових результатів після перетину фінішної лінії, а також логіку переходу між станами гри – від активного проходження до екрану результатів та можливості повторного запуску гри. Завдяки цим введенням було досягнуто повної замкненості ігрового циклу.

Після створення ігрової сцени та інтеграції моделі картингу наступним етапом розробки стало проектування системи керування, заснованої на жестах користувача. Для цього було застосовано бібліотеку MediaPipe Hands [2], яка дозволяє у реальному часі

знаходити та розпізнавати ключові орієнтири кисті руки, відстежувати їхні координати у нормалізованій системі відліку.

Алгоритм керування було побудовано на використанні базових анатомічних ознак руки. Відслідковування пари пальців, а саме великого та вказівного, дали можливість визначити їх як показник інтенсивності руху транспортного засобу в грі. Відстань між цими пальцями прямо корелює з жестовими командами, при розкритій долоні відправляється сигнал прискорення (натискання на кнопку відповідну за газ у грі). Тоді як стиснення пальців у кулак відповідає сигналу гальмування. А для поворотів береться вісь зап'ястя та середнього пальця, ця вісь служить як індикатор бокового відхилення кисті. Обчислення різниці координат x_wrist (зап'ястя) і x_middle (середній палець) дозволило визначити напрям повороту. При відхиленні кисті вліво система інтерпретує жест як поворот вліво, а при відхиленні вправо, відповідно, як поворот вправо. Для уникнення помилковості зчитування координат під час роботи алгоритму було додано мертву зону значення 0.05, що відсікає будь які деформації пози руки під час зчитування кадрів.

З метою забезпечення стабільності керуючих параметрів отримані значення нормалізуються у межах $[-1.0; 1.0]$, після чого передаються в модуль формування UDP-пакетів [3]. Таким чином було утворено систему логічних станів, що відповідають основним діям в грі:

Після створення інтуїтивного методу керування, що повністю замінює стандартні пристрої введення (клавіатуру чи геймпад) було зроблено перехід до розробки функціоналу приймання UDP-пакетів. Для цього на стороні гри було написано мережевий інтерфейс, який використовує протокол UDP і отримує пакети від IP 127.0.0.1 та порту 5005. Ігровий рушій Unity отримує дані у вигляді JSON, парсить та зчитує значення, які було передано в ньому і застосовує отримані команди до об'єкту (машинки) в грі з певними параметрами.



Рис. 1. Алгоритм передачі даних використовуючи жести долоні.

Пропрацювавши логіку відправки пакетів від скрипту на мові програмування Python в ігровий рушій Unity, було створено Python-скрипт на основні бібліотек OpenCV [4], MediaPipe і Socket. Для прийому пакетів використовується UDPListener, який безпосередньо змінює параметри керування автомобілем в грі.

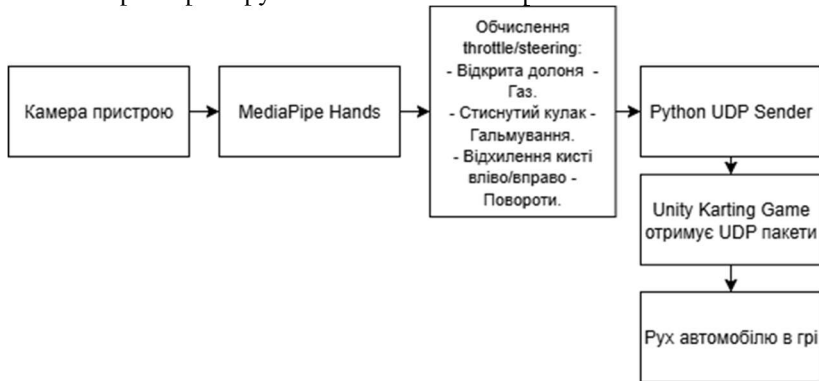


Рис. 2. Алгоритм роботи системи з розпізнаванням жестів для керування ігровим застосунком.

Використання жестів як альтернатива класичним контролерам може служити як помічник для тих, у кого немає можливості використовувати периферійні пристрої. У майбутньому подібну систему можна буде інтегрувати з VR/AR-системи, тренажерами або навчальними програмами. Подібну систему можна застосувати для реабілітаційних ігор, освітніх курсів, досліджень у HCI (Human-Computer Interaction). Запропоноване дослідження є прикладом ефективної інтеграції інтелектуальних технологій розпізнавання жестів у традиційний ігровий рушій Unity. Отримані результати підтверджують, що навіть прості жести можуть бути використані для інтуїтивного та точного керування в інтерактивних додатках.

Список використаних джерел

1. Unity Technologies. Discover Top Free Assets on Unity's Asset Store. Unity Asset Store, 2025. Available online : <https://assetstore.unity.com/top-assets/top-free>
2. Gangurde S., Ahire S., Tadge R., et al. Air Canvas Using MediaPipe for Computer Vision in Unity 3D Hand Tracking. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, 2023, 3(2), 512–518.

3. Shao F., Zhang T., Liu H., Wang Y. Computer Vision-Driven Gesture Recognition : Toward Natural and Intuitive Human-Computer. arXiv preprint, arXiv:2412.18321, 2024. DOI : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.18321>.

4. Ramirez-Valdez O., Martinez A., Hernandez J., et al. Control Interface for Multi-User Video Games with Hand or Head Gestures. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2025, 16(1), 45–53. DOI : <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2025.0160105>.

УДК 004.9

Смоленський М. М.,

аспірант,

Сіденко Є. В.,

*канд. техн. наук, доцент, в. о. завідувача кафедри ІС,
ЧНУ ім. П. Могили, м. Миколаїв, Україна*

АРХІТЕКТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СЕРВЕРНОЇ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ НА ОСНОВІ RFID-ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасна цифровізація охорони здоров'я потребує інтеграції технологій автоматичної ідентифікації, зокрема RFID, у медичну інфраструктуру [1]. Проте більшість досліджень зосереджуються на фізичному або мережевому рівнях реалізації систем, тоді як серверна архітектура залишається другорядною.

Завданням цієї роботи є створення єдиного бекенд-рішення, здатного забезпечити безпечну комунікацію між RFID-зчитувачами, базою даних і користувацьким веб-інтерфейсом, а також підтримку стандартизованих форматів обміну клінічною інформацією [2].

Система розроблена на основі Flask (Python) із застосуванням ORM-бібліотеки SQLAlchemy та пакета Marshmallow для серіалізації даних [3].

Структура проекту є модульною, що дає змогу гнучко оновлювати окремі компоненти без зміни ядра системи.

Основні компоненти:

– app/api/ – REST API для CRUD-операцій (пацієнти, лікарі, рецепти, прийоми);

– app/models/ – ORM-класи сутностей бази даних;

– app/web/ – веб-інтерфейс адміністратора з підтримкою Bootstrap;

– app/security/ – авторизація, ролі користувачів, CSRF-захист.

На рисунку 1 представлена загальна архітектура серверної системи.

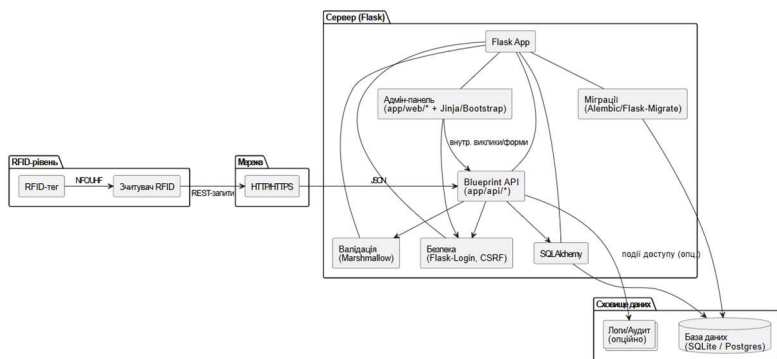


Рис. 1. Загальна архітектура серверної системи.

Інформаційна модель системи реалізована у вигляді реляційних зв'язків між основними сутностями: User, Doctor, Patient, Appointment, Prescription, Dispensation, MedicalHistory.

Взаємозв'язки дозволяють описати повний цикл взаємодії в медичному процесі – від ідентифікації пацієнта RFID-браслетом до створення запису про прийом, рецепт чи виданий препарат.

На рисунку 2 представлена інформаційна модель серверної системи.

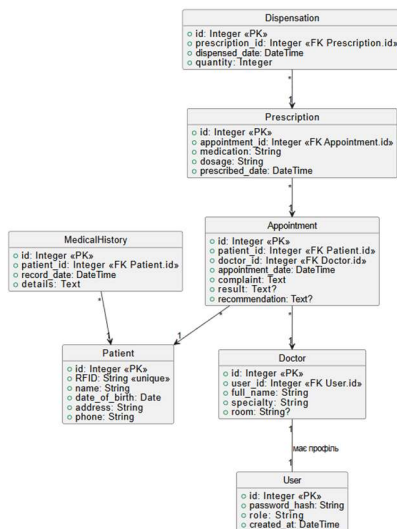


Рис. 2. Інформаційна модель бази даних (ERD).

Комунікація між RFID-зчитувачем і сервером реалізована через REST API. Зчитувач передає унікальний код мітки, який сервер ідентифікує та зіставляє з даними пацієнта у базі.

Приклад маршруту:

GET/api/patients/<RFID> → повертає JSON-об'єкт із даними пацієнта.

Для створення прийому використовується POST /api/appointments/, що пов'язує лікаря, пацієнта та опис скарг.

Такі запити виконуються у середньому за 120-180 мс, що забезпечує роботу системи в режимі реального часу.

На рисунку 3 представлена схема обміну даними між зчитувачем і сервером.

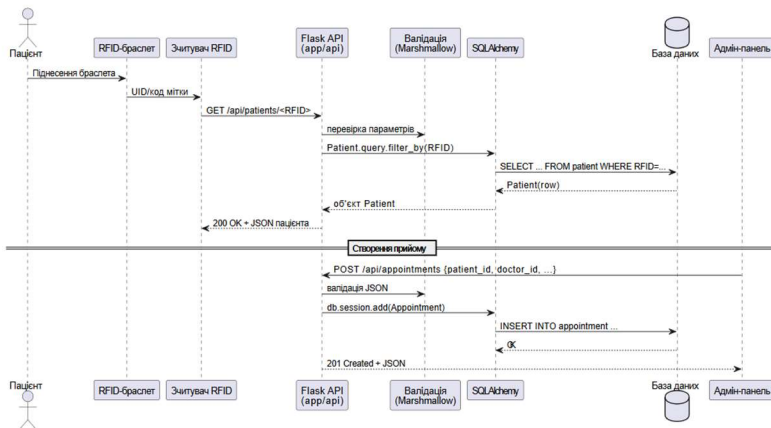


Рис. 3. Схема обміну даними між RFID-зчитувачем і Flask-сервером.

У системі реалізовано:

- рольову модель доступу (admin, doctor, staff);
- CSRF-захист у веб-формах;
- валідацію всіх запитів через Marshmallow;
- шифрування паролів і токенизацію сесій;
- логування дій користувачів для аудиту.

Дані зберігаються відповідно до вимог GDPR та національних ДСТУ у частині обмеження доступу до персональних медичних записів.

Розроблена серверна система забезпечує:

- стабільну взаємодію з RFID-зчитувачами;
- зручний веб-інтерфейс для адміністраторів і лікарів;

- підтримку автоматичних міграцій бази даних через Alembic;
- інтеграцію з іншими медичними платформами через HL7/FHIR-формати.

Система протестована у демонстраційному середовищі: створено понад 500 тестових записів пацієнтів і прийомів; час відгуку API не перевищував 200 мс.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої архітектури для медичних установ середнього масштабу.

Представлена серверна архітектура є прикладом практичного впровадження RFID-технологій у цифрову медичну інфраструктуру.

Її модульність, формалізована інформаційна модель і відповідність стандартам HL7/FHIR забезпечують сумісність з існуючими медичними інформаційними системами.

Розробка може бути використана як основа для побудови національних платформ обліку пацієнтів, контролю медикаментів і автоматизації клінічних процесів.

Список використаних джерел

1. Wamba S.F., Anand A., Carter L. (2013). A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues. *International Journal of Information Management*, 33(5), 875–891.
2. Dridi A., Sassi S., Chbeir R., Faiz S. (2020). A flexible semantic integration framework for fully-integrated EHR based on FHIR standard. *Proceedings of the 12th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2020)*, 684–691.
3. Gazzarata R., Almeida J., Lindsköld L., Cangioli G., Gaeta E., Fico G., Chronaki C.E. (2024). HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (HL7 FHIR) in digital healthcare ecosystems for chronic disease management. *International Journal of Medical Informatics*, 189, Article 105507.

ВИЯВЛЕННЯ НАЯВНОСТІ СИГНАЛУ В РАДІОСПЕКТРІ: КЛАСИЧНІ МЕТОДИ, ВЕЙВЛЕТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

У доповіді розглядаються питання виявлення наявності сигналів у радіочастотному спектрі для задач моніторингу та ідентифікації джерел випромінювання, зокрема безпілотних літальних апаратів. Подано огляд класичних статистичних методів і сучасних підходів на основі вейвлет-перетворень, що дають змогу підвищити чутливість до слабких і короткочасних сигналів у складних спектральних умовах.

Завдання виявлення сигналів у радіочастотному спектрі є ключовим етапом у побудові систем моніторингу спектру, засобів радіоелектронної розвідки та технологій радіочастотної ідентифікації безпілотних літальних апаратів.

Сучасні радіоелектронні середовища характеризуються високою щільністю каналів і наявністю завад, що ускладнює фіксацію слабких та короткотривалих сигналів. Це зумовлює потребу у вдосконаленні методів аналізу сигналів для підвищення чутливості й надійності роботи приймальних систем.

Традиційні підходи до виявлення наявності сигналу базуються на статистичній обробці даних, отриманих із радіоприймача. Метою таких методів є відокремлення корисного сигналу від шуму та завад шляхом аналізу енергетичних і спектральних характеристик.

Найпростішим та найпоширенішим є *енергетичне детектування*, у якому обчислюють середню потужність прийнятого сигналу P у часовому вікні з N відліків [1]:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2, \quad (1)$$

де $x(n)$ – комплексна вибірка сигналу.

Порівняння цієї оцінки з порогом λ визначає рішення:

$$P \underset{\text{шум}}{\overset{\text{сигнал}}{\geq}} \lambda. \quad (2)$$

Перевагою цього підходу є низькі обчислювальні витрати й придатність для широкосмугового моніторингу спектру в реальному

часі. Недоліком є чутливість до зміни рівня шуму та втрата ефективності за низького відношення сигнал/шум (SNR).

Метод узгодженого фільтрування (*matched filter*) ґрунтується на використанні апріорних знань про форму сигналу – відомої сигнатури або еталонного шаблону [2]:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) s^*(t - \tau) d\tau, \quad (3)$$

де τ – зсув у часі між прийнятим сигналом і еталонним шаблоном, $x(\tau)$ – прийнятий сигнал, $s(t)$ – еталонний сигнал, а $*$ – символ комплексного спряження.

Цей метод дає змогу мінімізувати кількість хибних тривог та пропущених сигналів, особливо для вузькосмугових або стандартизованих передавачів. Однак застосування цього методу обмежене випадками, коли параметри сигналу відомі заздалегідь.

Циклостационарний аналіз використовує властивість багатьох цифрових сигналів мати періодичні статистики другого порядку, що дає змогу відокремити їх від шуму, який не має таких властивостей [3].

Основною характеристикою є *циклічна автокореляційна функція (CAF)*, що визначається як:

$$R_x(\tau, \alpha) = \frac{1}{N} \sum_{n=-N/2}^{N/2} x\left[n + \frac{\tau}{2}\right] x^*\left[n - \frac{\tau}{2}\right] e^{-j2\pi\alpha n}, \quad (4)$$

де τ – зсув у часі між прийнятим сигналом і його копією, α – циклічна частота, N – кількість примірників сигналу, а $*$ – символ комплексного спряження.

CAF дозволяє відокремлювати сигнал від шуму навіть за низького SNR, оскільки шум не має циклічних ознак. Головними недоліками є висока обчислювальна складність і потреба у великому обсязі даних для надійної оцінки циклічних параметрів.

На відміну від класичних спектральних методів, що надають глобальний розподіл енергії за частотою, *вейвлет-перетворення* дає змогу аналізувати часово-частотну структуру сигналу, що особливо важливо для короткочасних і нестационарних випромінювань [4].

Безперервне вейвлет-перетворення (CWT) застосовують для побудови час-масштабних спектрограм, що дозволяє відстежувати локальні сплески енергії та перехідні процеси:

$$W_x(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (5)$$

де $x(t)$ – досліджуваний сигнал, $\psi(t)$ – материнський вейвлет, a – масштабний коефіцієнт, b – часовий зсув, $\psi^*(\cdot)$ – комплексно-спряжене значення материнського вейвлета.

Це робить метод корисним для виявлення пакетних або стрибкоподібно-частотних сигналів.

Дискретне вейвлет-перетворення (DWT) розкладає сигнал на апроксимаційні та детальні компоненти на різних масштабах:

$$c_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{j,k}(t) dt, \quad (6)$$

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j}t - k), \quad (7)$$

де $c_{j,k}$ вейвлет-коефіцієнти на рівні масштабування j та зсуву k , $\psi_{j,k}(t)$ – базисна функція, отримана шляхом масштабування та зсуву материнського вейвлета $\psi(t)$. Коефіцієнти вейвлет-декомпозиції на окремих рівнях можуть містити енергетичні сліди сигналу, які суттєво відрізняються від шумових. Порівняння енергії цих коефіцієнтів із порогом дає змогу здійснювати ефективне виявлення навіть за низького SNR.

Подальші дослідження спрямовані на вивчення доцільності синтезу циклостационарних методів аналізу та вейвлет-перетворень. Циклостационарним методам властива висока стійкість до змін шумового фону та ефективність за низького SNR, але водночас їм притаманні значна обчислювальна складність. Вейвлет-перетворення ж відзначається високою чутливістю до імпульсних і пакетних сигналів, проте залишається вразливим до завад, якщо сигнал має енергетичний профіль, подібний до шуму. Поєднання цих підходів дозволяє використати їхні комплементарні властивості: вейвлети – для швидкого виявлення короткочасних аномалій, локалізації появи сигналу й оцінки часових меж; циклостационарний аналіз – для підтвердження наявності структурованого сигналу на основі його модуляційних ознак і підвищення стійкості до шуму та перешкод.

Список використаних джерел

1. Urkowitz H. Energy detection of unknown deterministic signals. *Proceedings of the IEEE*. 1967. Vol. 55, no. 4. P. 523–531.
2. Turin G. An introduction to matched filters. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1960. Vol. 6, no. 3. P. 311–329. URL : <https://doi.org/10.1109/tit.1960.1057571> (date of access: 13.10.2025).
3. Cyclostationarity: Theory and Methods / ed. by F. Chaari et al. Cham. *Springer International Publishing*, 2014.
4. Mallat S. G. A wavelet tour of signal processing: the sparse way. *Elsevier/Academic Press*, 2009. 805 p.

Трофименко Я. О.,

магістрантка,

Кондратенко Ю. П.,

д-р техн. наук, професор, професор кафедри ІС,

Сіденко Є. В.,

канд. техн. наук, доцент, в. о. завідувача кафедри ІС,

ЧНУ ім. П. Могили, Миколаїв, Україна

СИСТЕМА КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ ДИХАЛЬНИХ ШЛЯХІВ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗНІМКІВ

Захворювання дихальних шляхів, зокрема пневмонія, ателектаз та пневмоторакс, залишаються одними з найпоширеніших причин смертності в усьому світі. Рання діагностика цих хвороб є вирішальним фактором для успішного лікування та запобігання ускладнень. Однак аналіз рентгенівських знімків легень є складною задачею, яка вимагає високої кваліфікації медичних працівників. Проте розвиток технологій глибокого навчання, зокрема згорткових нейронних мереж (CNN), відкриває можливості для створення ефективних автоматизованих систем діагностики. Такі системи здатні аналізувати великі обсяги медичних зображень та виявляти патології з високою точністю, що може значно полегшити роботу медичних працівників та підвищити якість діагностики.

Метою роботи є дослідження ефективності класифікації захворювань дихальних шляхів за рахунок створення інформаційної системи з використанням різних архітектур нейронних мереж.

Зазвичай ідентифікація легневих захворювань покладається на поєднання фізичних оглядів, лабораторних тестів та різних інструментів, при цьому рентгенівські промені є ключовим та загальним методом для первинної візуалізації патологій органів грудної клітки. Саме завдяки рентгенівським знімкам можливо швидко, доступно та досить інформативно оцінити стан дихальної системи, що є основою для подальшого діагностичного та лікувального планування. Згорткові нейронні мережі отримали широке застосування в аналізі медичних зображень, таких як рентгенівські знімки, КТ, МРТ та гістологічні зразки. У роботі [1] дослідники представили модель глибокого навчання для автоматичного виявлення COVID-19 на рентгенограмах грудної клітки. Використовуючи ансамбль нейронних мереж (ResNet та VGG), автори досягли високих показників точності (понад 90%) при класифікації зображень як позитивних або негативних щодо COVID-19.

Перед обробкою зображення проходили сегментацію легень і аугментацію, що допомогло моделі краще узагальнювати інформацію. Модель також реалізувала функцію пошуку схожих зображень, що може бути корисним у клінічній практиці. Однак автори наголошують на обмеженнях: навчання проводилося на даних з одного регіону, що може впливати на універсальність результатів. Крім того, модель є малопоояснюваною, що обмежує її впровадження в лікарській практиці.

Для вирішення задачі класифікації медичних зображень ключовим є вибір якісного, збалансованого і надійного набору даних. Досить відомим і часто використовуваним у дослідженнях у галузі медичної візуалізації є NIH ChestX-ray14, розроблений Національним інститутом здоров'я США (National Institutes of Health) [2]. Цей набір даних містить понад 112 тисяч рентгенівських знімків грудної клітки, що належать більше ніж 30 тисячам пацієнтів. Для кожного зображення зазначено, чи присутня одна або декілька із 14 патологій, зокрема пневмонія, плевральний випіт, кардіомегалія, легеневі інфільтрати, фіброз, пневмоторакс, пухлини тощо. Також кожен знімок супроводжується метаданими, включаючи вік, стать пацієнта та положення тіла під час зйомки (наприклад, PA або AP проєкція). До того ж, мультикласове маркування дозволяє не тільки вирішувати задачу бінарної класифікації (норма/патологія), але й виконувати мультимітку, коли для одного зображення можливо визначити кілька діагнозів одночасно.

Класифікація медичних зображень являє собою надзвичайно складне завдання, що вимагає найвищої точності, безвідмовності та здатності розпізнавати навіть незначні відхилення. З появою глибокого навчання, зокрема згорткових нейронних мереж, відкрилася можливість автоматизувати аналіз складних візуальних моделей, що присутні на таких зображеннях, як рентгенівські знімки, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія та ультразвукові дослідження. Водночас, традиційні CNN-архітектури не завжди демонструють необхідну ефективність на великих або глибоких моделях, через що виникла необхідність у розробці складніших та оптимізованих архітектур [3]. Серед найбільш продуктивних і широко застосовуваних у сфері медичної візуалізації слід виділити архітектури ResNet, DenseNet та EfficientNet. Кожна з них характеризується унікальними властивостями, що дають змогу досягти кращих результатів за рахунок глибшої структури, ефективного використання параметрів або оптимізації обчислювальних ресурсів.

Для класифікації захворювань дихальних шляхів було створено декілька моделей на основі обраних архітектур ResNet50, DenseNet121 та EfficientNetB3. Базові моделі використовувались без верхніх (fully-

connected) шарів (include_top=False), що дозволяє адаптувати їх до нового завдання багатокласової класифікації. До виходу базових моделей додається шар глобального усереднення (GlobalAveragePooling2D), дропаут-шар з імовірністю 0.5 для зменшення перенавчання, та фінальний цільний (Dense) шар з функцією активації sigmoid, що дозволяє здійснювати багатокласову класифікацію (multi-label).

Для налаштування моделей були обрані такі значення параметрів: розмір вхідного зображення: 224×224 ; функція втрат (loss): binary_crossentropy; оптимізатор: Adam з параметром learning_rate=1e-4; розмір пакета (batch size): 16; кількість епох навчання: 20; кількість кроків на епоху (steps_per_epoch): 200; кількість валідаційних кроків (validation_steps): 50.

Під час навчання моделі застосовувались такі метрики: бінарна точність (Binary Accuracy) та площа під ROC-кривою (AUC). Ці метрики дозволяють оцінити якість класифікації кожного класу при багатозначному результаті.

На графіку з рисунку 1 видно, що AUC для тренувального та валідаційного наборів поступово зростає протягом епох, стабілізуючись близько до значення 0.78. Це свідчить про успішне навчання без перенавчання: валідаційна крива не демонструє значного падіння, а тримається на рівні або вище тренувальної.

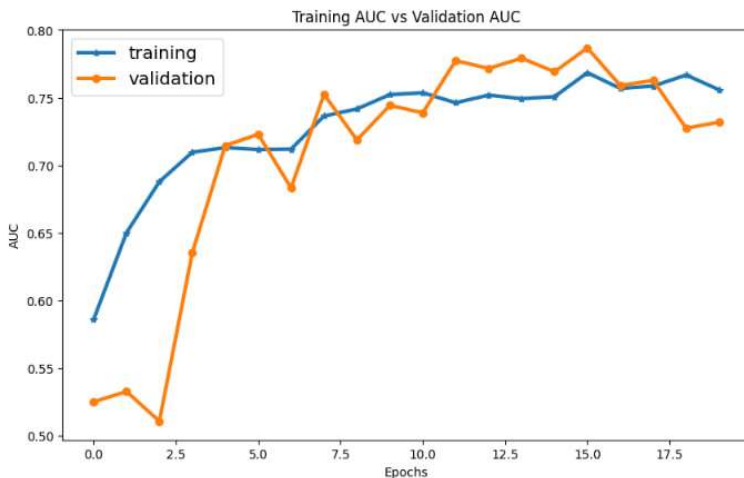


Рис. 1. Графік залежності AUC від епохи навчання моделі ResNet50.

Модель демонструє хорошу узагальнювальну здатність на нових даних. Більшість патологій класифікуються з високою точністю, а

процес навчання був стабільним і ефективним. Мережа потенційно придатна для застосування у клінічному середовищі як інструмент попереднього сортування зображень.

Для перевірки моделей на тестових даних було написано застосунок мовою Python з використанням вбудованої бібліотеки Tkinter. Дана бібліотека дозволяє створювати віконний застосунок, що буде корисно для даної задачі, де необхідно створити простий для розуміння і легкий інтерфейс для взаємодії користувача з моделями нейромереж. Інтерфейс застосунку на рисунку 3.30 дозволяє користувачу обрати одну з трьох моделей (ResNet50, DenseNet121 або EfficientNetB4), завантажити зображення рентгенівського знімку та під час натиску на кнопку «Predict» побачити передбачення конкретної моделі у вигляді графіка та текстовому вигляді.

Для прикладу роботи застосунку та перевірки точності класифікації моделей на тестових даних, було подано зображення рентгенівського знімку з очікуваним діагнозом «Cardiomegaly» (рис. 2).

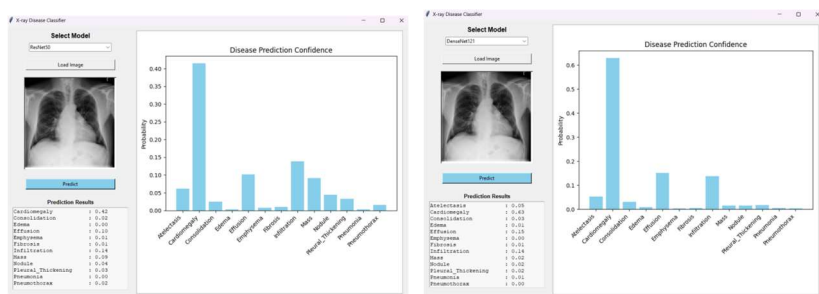


Рис.2. Результати класифікації моделей ResNet50 та DenseNet121.

Найвищу ймовірність для «Cardiomegaly» показала модель DenseNet121 – 0.63, що свідчить про значну впевненість у наявності цього стану. Це найкращий результат серед усіх моделей, і він може вказувати на правильний діагноз. Модель ResNet50 також показала високу ймовірність захворювання «Cardiomegaly» – 0.42, що нижче, ніж у DenseNet121, але все ще є другим за величиною показником у своїй таблиці результатів. Тобто модель виявила ознаки патології, але з меншою впевненістю. Модель EfficientNetB4 продемонструвала найнижчу ймовірність «Cardiomegaly» – лише 0.03, що суттєво відрізняється від результатів інших моделей. Найвищий показник у цій моделі – «Infiltration» (0.24), тоді як більшість інших значень також дуже низькі.

Результати класифікації різних архітектур було отримано на тестових даних, і для кожної обчислено метрики якості, зокрема AUC, Binary Accurasy та функцію втрат. Проведене порівняння показало, що найвищу якість класифікації демонструє модель DenseNet121, яка перевершила інші як за точністю, так і за здатністю розрізняти класи (AUC). З іншого боку, модель EfficientNetB4 показала найгірші результати, що свідчить про складність її адаптації до даного завдання без додаткового налаштування. Таким чином, було визначено найефективнішу архітектуру для подальшого використання в розробці програмного застосунку.

Список використаних джерел

1. Keidar, Daphna, et al. «COVID-19 classification of X-ray images using deep neural networks.» European radiology 31.12 (2021): 9654-9663.
2. Papers with Code - ChestX-ray14 Dataset. The latest in Machine Learning. URL : <https://paperswithcode.com/dataset/chestx-ray14> (date of access: 25.04.2025).
3. He, Kaiming, et al. «Deep residual learning for image recognition.» Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.

УДК 004.725.5

Топалов А. М.,
*канд. техн. наук, доцент кафедри
комп'ютеризованих систем управління,
НУК імені адмірала Макарова, м. Миколаїв Україна*

ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОЇ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сучасні порти стикаються з новими викликами, такими як збільшення обсягів вантажопотоків, підвищення екологічних стандартів, вимоги до підвищення ефективності та ін. [1]. Всі ці проблеми, що представлені в табл. 1 потребують суттєвих інновацій і відповідного розширення інформаційних потоків всередині роботи порту.

Таблиця 1. Проблеми розвитку портової інфраструктури

№	Проблема	Зміст проблеми
1	Збільшення розмірів суден	- Порти мають адаптуватися до нових розмірів суден. - Потрібна оптимізація процесів обробки великих суден. - Необхідність модернізації інфраструктури портів та транспортних засобів.
2	Потреба в підвищенні ефективності	- Оптимізація термінальної логістики для обробки більших обсягів вантажу. - Зменшення часу обробки в реальному часі. - Підвищення продуктивності на території порту.
3	Обмежені можливості прогнозування	- Неможливість врахування змін у вантажопотоці. - Відсутність інструментів для безпілотної участі, роботизації та інтеграції штучного інтелекту.
4	Взаємодія з іншими видами транспорту	- Потрібна інтеграція з іншими транспортними системами. - Відсутній ефективний обмін даними з внутрішнім транспортом.
5	Екологічні виклики	- Проблеми забруднення повітря, води, шумового навантаження. - Необхідність впровадження «зелених» технологій. - Потрібно зменшити викиди CO ₂ .
6	Захист від фізичних і кіберзагроз	- Необхідна безпека у фізичному плані. - Захист від кіберзагроз та формування цифрової політики безпеки.

Формування та управління інформаційними потоками в портах — це складний і багатогранний процес, що вимагає інтеграції різноманітних технологій і систем. Сучасні порти використовують автоматизовані термінали, супутникові системи навігації, датчики Інтернету речей, а також спеціалізоване програмне забезпечення для управління ланцюгами поставок. Ці інструменти дозволяють оптимізувати операції, мінімізувати затримки та підвищувати прозорість усіх процесів. Наприклад, цифрові платформи, такі як системи управління портами об'єднують стейкхолдерів — від судовласників і логістичних компаній до митних служб і портових операторів, — забезпечуючи обмін даними в реальному часі. Це сприяє швидкому прийняттю рішень і зниженню ризиків, пов'язаних із помилками чи затримками [2].

По суті портова інфраструктура являє собою складну техніко-технологічну систему, ефективне функціонування якої неможливе без комплексного інформаційного забезпечення. Інформаційні потоки портової інфраструктури охоплюють взаємодію внутрішніх і зовнішніх користувачів інформації: керівництва порту, виробничих підрозділів, державних установ та клієнтів порту.

Інформаційні потоки являють собою складну систему безперервного обміну даними між численними учасниками логістичного ланцюга — адміністрацією портів, судновласниками, логістичними компаніями, митними та прикордонними службами, операторами терміналів, постачальниками послуг і навіть міжнародними регуляторними органами. Ці потоки охоплюють широкий спектр процесів: від планування прибуття й відправлення суден, координації обробки вантажів і забезпечення безпеки до управління фінансовими транзакціями, моніторингу екологічних показників і прогнозування ринкових тенденцій. У сучасному світі, де швидкість, точність і доступність інформації є визначальними факторами успіху, інформаційні потоки перетворилися на стратегічний актив, що забезпечує конкурентоспроможність портів на глобальному ринку. Завдяки ним складні операції синхронізуються, затримки мінімізуються, а ресурси — від причалів до робочої сили — використовуються з максимальною ефективністю, дозволяючи портам оперативного адаптуватися до змін у реальному часі. Інформаційні потоки в системі можуть бути класифіковані за різними критеріями. За напрямком руху інформації виділяють висхідні потоки (від технологічного обладнання до управлінських систем) та низхідні потоки (управлінські команди та налаштування). За часовими характеристиками розрізняють потоки реального часу (контроль параметрів обладнання, сигналізація аварій) та потоки планового характеру (звіти, аналітична інформація).

Сутність інформаційних потоків полягає в їхній унікальній здатності об'єднувати різноманітні дані в цілісну систему, що створює повну картину портових операцій. Наприклад, інформація про рух суден, отримана через супутникові системи, GPS і автоматичну ідентифікаційну систему (AIS), дає змогу точно планувати використання причалів, кранів і складських потужностей, уникаючи простоїв чи перевантажень. Дані про вантажі, такі як їхній тип, обсяг, вага, умови зберігання чи спеціальні вимоги до транспортування, дозволяють оптимізувати роботу терміналів, забезпечуючи швидку, безпечну та якісну обробку. Фінансові дані, включаючи тарифи за швартування, обробку вантажів чи митні збори, інтегруються в автоматизовані системи, які прискорюють транзакції, зменшують паперові процедури та знижують ризик людських помилок. Безпека є невід'ємною частиною цих процесів: інформація про перевірки суден, вантажів і персоналу, а також системи кіберзахисту, що запобігають витоку даних чи атакам на цифрову інфраструктуру, гарантують надійність і стабільність роботи портів. Сучасні порти також

приділяють значну увагу екологічним показникам, відстежуючи викиди вуглецю, споживання енергії та вплив на довкілля, що дозволяє відповідати міжнародним стандартам сталого розвитку та знижувати екологічний слід.

Ці різноманітні дані об'єднуються в єдині цифрові екосистеми, такі як Port Community Systems (PCS) або інші платформи управління портами, які забезпечують миттєвий і прозорий обмін інформацією між усіма учасниками. Такі системи не лише підвищують ефективність і прозорість, але й сприяють створенню “розумних портів”, де автоматизація, аналітика великих даних і передові технології відіграють провідну роль.

Список використаних джерел

1. Д.М. Решетков, М.А. Бондарюк, С.П. Онищенко. Сутність, переваги та існуючий досвід розвитку розумних портів. Розвиток транспорту № 4(15), 2022, СС. 108 - 122. <https://doi.org/10.33082/td.2022.4-15.09>

2. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Діджиталізація як шлях до забезпечення екологічності, безпеки і сталого функціонування морської галузі. Інтелектуальні транспортні технології: праці 2 міжнар. наук.-техн. конф. Харків: УкрДУЗТ, 2021. С. 21-23. URL: <http://itt.kart.edu.ua/images/Tezu2021/TezuITT2021.pdf>.

Горгоц А. О.,
*головний спеціаліст
відділу земельних відносин та землеустрою
департаменту архітектури та містобудування,
Миколаївської міської ради, м. Миколаїв, Україна*

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯМ

У системі управління земельними ресурсами важливого значення набуває питання вдосконалення системи управління землекористуванням. Земельний фонд країни є національним багатством держави, розвиток якого неможливий без відповідної системи конструктивних рішень, що приймаються на відповідному рівні. При цьому під час управління земельними ресурсами враховується вплив об'єктивних законів природи (встановлення обов'язків щодо охорони земель від шкідливих природних процесів) та економічних і соціальних законів суспільства.

Недосконалість регулювання земельних відносин, незавершеність їх реформування, що зумовлено нинішнім воєнним періодом, загострило багато проблем, зокрема це пов'язано з погіршенням стану ґрунтів.

Державна земельна політика як діяльність органів державної влади, органів місцевого самоврядування у сфері земельних відносин, спрямована на сталий розвиток та охорону земель у поствоєнний період, забезпечення продовольчої безпеки країни та створення умов, які сприяють забезпеченню охорони навколишнього природного середовища, а також для господарської діяльності та життєдіяльності населення.

Законодавчо-нормативне регулювання використання та охорони земельних ресурсів є одним із основних механізмів землекористування в Україні. Воно передбачає здійснення таких напрямів, як вдосконалення в цілому відносин у сфері землекористування; покращення методів економічного регулювання землекористування; природоохоронної та землеохоронної діяльності в цілому.

Управління землекористуванням провадиться нині через відповідні механізми, які зі свого боку передбачають взаємодію правової, економічної та організаційної частин, сумарна взаємодія яких забезпечує синергетичний ефект.

Крім того, значні територіальні відмінності у структурі земельного фонду і природних умов, а також негативні наслідки у сфері землекористування, що зумовлено воєнним часом, вимагають диференційованого підходу до його управління землями.

Важливими факторами, які зумовлюють регіональну структуру землекористування, є специфіка природної основи ведення господарської діяльності, особливо в аграрному секторі економіки, розселення населення й урбанізація, рівень соціально-економічного розвитку, економіко-географічного положення. Функціонування механізмів державного управління у сфері земельних відносин залежить від конкретних суспільних умов [1].

Так, вважаємо, що системи управління землекористуванням залежать від впливу багатьох факторів, які логічно поділити на зовнішні та внутрішні.

Відповідно, зовнішніми факторами, які сприятимуть ефективності системи управління земельними ресурсами, а також покращенню її дієздатності, на нашу думку можуть бути новітні технології, які сприятимуть поступовому відновленню системи землекористування; збільшення товарообігу завдяки поступовій диверсифікації виробництва на землі, а також нарощуванню та відбудові у повоєнний період потенціалу; розширення на основі диверсифікації асортименту продукції; формування прибуткових та інвестиційно привабливих земельних масивів із окремо оброблюваних паїв, зокрема за рахунок взаємовигідних орендних відносин; забезпечення розширеного відтворення за рахунок створення конкурентоспроможного виробництва та економічних благ в районах, де наразі це є можливим; одержання більшого прибутку в результаті формування доданої вартості; налагодження міжнародної співпраці за рахунок грантового фінансування, а також міжнародної фінансової допомоги; запровадження закордонних орієнтирів у практику суб'єктів господарювання на землі; поступове відновлення зруйнованих виробничих потужностей внаслідок воєнних дій, а також модернізація та матеріально-технічне переоснащення виробництв та потужностей, що використовуються під час ведення виробництва; покращення інфраструктурного забезпечення, що сприятиме налагодженню виробничого процесу, а також прибутковому веденню бізнесу; активізація регіонального транскордонного співробітництва, що забезпечить посилення економічної активності суб'єктів господарювання та підвищення конкурентоспроможності виробництва; налагодження міжгалузевих горизонтально-вертикальних зв'язків, що стимулюватиме покращення виробничого потенціалу.

Внутрішніми факторами, які, на нашу думку, сприятимуть покращенню системи управління землекористуванням, можуть бути такі складові як наявність різноманітних взаємозв'язків у процесі виробництва, а також взаємодія суб'єктів різних форм власності; забезпечення високої якості сільськогосподарської продукції за рахунок раціонального використання природно-ресурсного потенціалу; вигідність територіального розміщення виробництв в межах територіальної громади та наявність розвиненого транспортного сполучення, де є це можливим, що зумовлено веденням нині бойових дій; наявність невикористаних резервів до нарощування обсягів виробництва продукції й підвищення рівня ефективності господарювання; відбудова у перспективі органічного землеробства; забезпечення високого рівня диверсифікації виробництва продукції; забезпечення можливості представлення продукції на всіх сегментах ринку, що сприятиме зрештою залученню потенційних як і виробників, так і постачальників, так і споживачів.

Крім того, важливо враховувати, що процес управління землекористуванням пов'язаний із різними економічними, соціальними та історичними умовами регіону. Зважаючи на це, сама система управління земельними ресурсами в різних регіонах відрізнятиметься одна від одної. Структура управління певного регіону формується відповідно до цілей, функцій та завдань конкретного регіону.

Ефективне управління землекористуванням залежить від низки чинників, як позитивних, так і негативних. У документах звітності про діяльність органу відсутня достатня аналітика негативних тенденцій та явищ, а також пропозиції щодо їх усунення.

У зв'язку з цим нами запропоновані основні напрями щодо вдосконалення системи землекористування, а саме:

1) удосконалення правової бази, що містить перегляд, розробку, внесення змін до законодавчих актів та їх реалізації на практиці;

2) необхідність удосконалення структури відомств, яка передбачає створення при управліннях відділів/управлінь контролю за використанням та охороною земель, зі створенням підвідомчих йому управлінь у регіонах;

3) вдосконалення управління персоналом за рахунок поліпшення процедури відбору кандидатів на заміщення вакантних посад;

4) стратегічне вдосконалення управління землекористуванням має здійснюватися шляхом розроблення Головними управліннями Держгеокадастру у взаємодії з підрозділами військових адміністрацій відповідних стратегічних документів, спрямованих на підвищення ефективності використання земель, їхньої охорони тощо. Необхідний

постійний перегляд та оптимізація існуючих стратегічних документів регіонального рівня.

Запропоновані фактори та напрями покращення системи управління землекористуванням сприятимуть забезпеченню поштовху для їх розвитку на конкурентоспроможних засадах у поствоєнний період.

Список використаних джерел

1. Байстрюченко Н.О., Бережна Ю.О. Удосконалення управління земельними ресурсами на регіональному рівні. Вісник СумДУ. 2016. №1. URL : https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/51412/1/Baystruchenko_cadastre.pdf;jsessionid=5BAC551D06C0EFA7E0FE6666A6243C38 (дата звернення 10.10.25)

УДК 332.33:332.2

*Лазарєва О. В.,
д-р екон. наук, професор,
професор кафедри управління земельними ресурсами,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД

Як і нині, так і у повоєнний період в Україні важливе значення для розвитку економічного простору матиме питання ведення збалансованого землекористування, тим паче враховуючи, що саме земельні ресурси є основним елементом національного багатства нашої країни та головним засобом виробництва у сільському господарстві.

Проте після запровадження повноцінного земельного ринку в нашій державі виникла загроза надмірної неконтрольованої експлуатації сільськогосподарських земель, недотримання екологічних вимог щодо використання земель сільськогосподарського призначення з метою отримання високих доходів. Істотно погіршує ситуацію і те, що повномасштабна війна внаслідок дій з боку агресора призвела до суттєвого погіршення природно-ресурсного потенціалу, втрати біорізноманіття. Так, прямі та непрямі збитки перевищили 74 млрд євро, близько 20% сільськогосподарських земель знищені, забруднені або перебувають на окупованих територіях [1]. Погіршення стану земель внаслідок широкомасштабної збройної агресії РФ пов'язано із високим рівнем антропогенного навантаження на земельні ділянки, що

зумовлене вибухами, пересуванням важкої техніки, хімічних забруднень тощо. Все це призводить до розвитку процесів деградації, порушення оптимального співвідношення між компонентами довкілля та навколишнього середовища.

Тож для уникнення несприятливих тенденцій потребують у повоєнний період запровадження напрямів, які б сприяли збалансованому землекористуванню та підвищенню ефективності використання земельних ресурсів.

Відповідно формування моделі збалансованого сільськогосподарського землекористування має бути пов'язано із забезпеченням таких компонентів, як-от дотримання загальної землепорядної концепції з урахуванням системи екологічних, економічних та соціальних чинників; веденням моніторингу земель (включаючи дані дистанційного зондування), оцінку стану ґрунтів, що сприятиме більш швидкому реагуванню на зміни стану земельного потенціалу та ґрунтових процесів, мінімізуючи при цьому можливі негативні наслідки, що зумовлені війною; заборона використання земельних ділянок не за цільовим призначенням в районах, де наразі це є можливим; державна підтримка, що спрямована на розвиток аграрного підприємництва та відновлення природно-ресурсного та виробничого потенціалу; здійснення територіально-просторового планування використання земель, що забезпечує сталий розвиток територій та підвищення їх інвестиційної привабливості.

На нашу думку, стратегічними напрямами, що сприятимуть забезпеченню збалансованого землекористування, мають бути такі орієнтири, як-от усунення перешкод та спрощення процедури набуття у власність або передачі в оренду земельних ділянок для розвитку малого та середнього сільськогосподарського підприємництва; запровадження економічних інструментів ведення земельної політики, що сприятиме збалансованому розвитку територій у повоєнний період (пільгове оподаткування, надання субсидій, оформлення кредитів, залучення інвестицій, надання грантової підтримки тощо); розробка і реалізація схем та проєктів землеустрою, що забезпечують раціональне використання та охорону земель, освоєння територій, які не використовуються, відновлення потенціалу земель, що є деградованими або порушеними внаслідок військових дій; сприяння розвитку еколого-орієнтованого виробництва, націленого на отримання економічної вигоди шляхом ефективного еколого-безпечного використання земельно-ресурсного потенціалу; забезпечення дієвого моніторингу земель та підтримка їх якісного стану задля ліквідації негативних наслідків землекористування; проведення інтегральної оцінки та прогнозування змін стану землекористування під впливом природних та

антропогенних факторів, що забезпечить своєчасне усунення негативних наслідків, зумовлених війною, а також сприятиме збалансованості землекористування.

Отже, перехід до моделі збалансованого сільськогосподарського землекористування у повоєнний період має передбачати розв'язання цілого комплексу задач, що, окрім вищевикладеного, містить створення розгалуженої природоохоронної, соціальної та виробничої інфраструктури; комплексну організацію сільськогосподарського землекористування із застосуванням сучасних інформаційних технологій; забезпечення раціонального сільськогосподарського землекористування в процесі здійснення моніторингу земель; проведення багатофакторного аналізу впливу природно-кліматичних, еколого-економічних, гідрологічних, організаційно-господарських, економіко-правових факторів на збалансоване використання сільськогосподарських земель тощо.

Крім того, враховуючи, що наразі все більше уваги приділяється можливостям територій до залучення приватних інвестицій у вигляді фінансових та інших ресурсів, в активному сприйнятті нововведень, а також безпосередньому їх використанні у процесі виробничої та господарської діяльності, вагоме значення має використання інноваційно-інвестиційних інструментів, що будуть враховувати необхідні умови, що сприятимуть збалансованому розвитку територій. Серед таких інструментів інноваційно-інвестиційного характеру можна виділити наступні:

- інструменти пріоритетності довгострокових цілей – довгостроковий характер та високий рівень невизначеності можливих результатів впровадження інновацій викликають необхідність бачення довгострокової перспективи розвитку території на основі активізації та розвитку наявного інноваційного потенціалу;

- інструменти державної участі – на державному рівні встановлюються правила функціонування та взаємодії учасників інноваційного процесу через формування правового поля, що, зі свого боку стимулюватиме впровадження нових технологій;

- інструменти адаптації – проявляються в пристосуванні системи землекористування до сформованих умов функціонування та потреб суспільства;

- інструменти міжгалузевої взаємодії – забезпечення збалансованого розвитку сільських територій відбувається при об'єднанні організацій різних галузей, які сприяють зростанню конкурентоспроможності одна одної;

- інструменти ефективності – впровадження інновацій на рівні територій має бути спрямоване на отримання максимального соціально-економічного та екологічного ефектів.

Комплексне поєднання вищевказаних інструментів дозволить досягти цілей збалансованого розвитку, що, в свою чергу, сприятиме зростанню обсягів виробництва продукції до повного задоволення населення країни у продуктах харчування за науково-обґрунтованими нормами їх споживання, підвищенню рівня конкурентоспроможності, підвищенню рівня зайнятості, зростанню доходів та покращенню якості життя населення, зміцненню його соціального статусу в суспільстві.

Список використаних джерел

1. Українське сільське господарство зазнало втрат на понад 74 млрд євро внаслідок війни. URL : <https://www.e-land.ua/news/item/ukrayinske-silske-hospodarstvo-zaznalo-vtrat-na-ponad-74-mlrd-yevro-vnaslidok-viiny> (дата звернення 10.10.25)

УДК 338.48:502/504

Лазарєва О. В.,

*д-р екон. наук, професор, професор
кафедри управління земельними ресурсами,*

Стерлев Є. О.,

*здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗЕЛЕНОГО ТУРИЗМУ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

Одним із найбільш доступних та вигідних напрямів оздоровлення людини нині є зелений туризм, що дозволяє гармонійно поєднати людські та природні ресурси. Крім того, у межах ведення рекреаційного землекористування здійснюється надання відповідних туристичних послуг у сфері зеленого туризму, що підвищуватиме імідж певної місцевості та дозволить підвищити потенціал використання наявних місцевих ресурсів, що забезпечить зміцнення еколого-економічного потенціалу місцевості.

Саме тому відсутність конкретно окресленої методології щодо розгляду особливостей ведення зеленого туризму у післявоєнний період сприяла вибору теми дослідження.

Хоча в Законі України «Про особисте селянське господарство» [1] вказано, що зелений туризм є одним із видів діяльності особистих селянських господарств з використання їхнього майна. Проектом

Закону України «Про сільський та сільський зелений туризм» [2] № 5206 від 04.03.2021 року сільський зелений туризм визначається як відпочинковий вид туризму, пов'язаний із перебуванням туристів у власному житловому будинку господаря, окремому (гостьовому) будинку або на території особистого селянського (фермерського) господарства. Отже, як бачимо, на законодавчому рівні не існує остаточного визначення зеленого туризму, а також не прийнято відповідний закон, є лише певні пропозиції [3].

Зазначимо, що в Україні функціонує Всеукраїнська громадська організація «Спілка сприяння розвитку сільського зеленого туризму в Україні» [4], яка об'єднує господарів садиб і туристів, а також надає туристам змогу обрати альтернативу для відпочинку у вигляді сільського зеленого туризму. Існує і мережа «Українська гостинна садиба», де туристи мають змогу в електронному вигляді обрати садибу для оздоровлення та відпочинку, яка їм до вподоби.

Аналізуючи особливості зеленого туризму, варто зупинитися, на нашу думку, на його недоліках. Так, вважаємо, що основними недоліками у сфері зеленого туризму є:

- сезонність ведення бізнесу у сфері зеленого туризму, оскільки найбільше послугами зеленого туризму користуються в основному у теплу пору року, що може викликати певні труднощі у власників садиб та надавачів туристичних турів у період міжсезоння;

- відсутність остаточно сформованої та прийнятої законодавчої бази у сфері зеленого туризму, що, звісно ж, не сприяє формуванню системи ефективного ведення туристичного бізнесу;

- воєнний стан у країні, що є актуальним зараз, теж суттєво обмежує ринок місцевих туристичних послуг у сфері зеленого туризму, а також завдає непоправної шкоди довкіллю, спричиняючи масові пожежі на полях, лісах тощо, вирви від снаряд та вибухів, накопичення у ґрунті важких металів;

- не завжди екскурсанти у сфері зеленого туризму отримують достатній сервіс, зустрічаючись із випадками низької якості обслуговування або ж нестачею місцевих розваг;

- технічний стан інженерної та комунальної інфраструктури, що теж частково зумовлений зруйнуванням виробничих потужностей, інфраструктурних мереж внаслідок війни на території України;

- низький туристичний імідж України через повномасштабне вторгнення країни-агресора, що не дає змоги раціонально використовувати туристичний потенціал у сфері зеленого туризму.

Тож, на нашу думку, у період поступового відновлення землекористування можливим є здійснення таких заходів:

- поступовий подальший розвиток і розбудова туристичної індустрії в місцях, де це є наразі небезпечним, та можливим, з урахуванням наслідків воєнного стану, що забезпечить поступове відновлення до належного стану засобів, що використовуються на ринку послуг у сфері зеленого туризму;

- розвиток наукових досліджень, які б сприяли проведенню еколого-просвітницької діяльності та сталому розвитку зеленого туризму, що дозволить сформуванню перспективні ідеї у процеси розбудови відповідних сфер зеленого туризму;

- надання пільгових кредитів або ж на безповоротній основі коштів на відбудову зруйнованих інфраструктурних чи виробничих потужностей, що дозволить поступово відбудувати зруйновані активи;

- регулярне проведення туристичних виставок, що дозволить ознайомити більш широке коло потенційних клієнтів з потенційними можливостями відпочинку та оздоровлення у сфері зеленого туризму, сприятиме формуванню привабливого іміджу місцевості;

- забезпечення можливості розвитку малого підприємництва на селі за рахунок можливості продажу туристичного продукту, що сприятиме підвищенню культурно-освітнього рівня місцевого населення та підприємницької активності місцевих мешканців;

- надання можливості клієнтам у сфері зеленого туризму долучатися до місцевих жителів під час виробництва екологічно чистих продуктів у сфері сільського господарства, що не тільки сприятиме нарощуванню виробництва продукції у сфері туризму, а й дозволить задовольнити попит (чи відпочинок з цікавості тощо) потенційних клієнтів;

- сприяння динамічному розвитку приватного бізнесу у сфері зеленого туризму, що дозволить забезпечити подальшу організацію туристичних екскурсій за потенційно привабливими маршрутами, нарощування кемпінгів та наметових містечок в місцях, де це нині можливо.

Виконання окреслених потенційних заходів дозволить підвищити продуктивність землекористувань у сфері зеленого туризму завдяки оптимізації використання рекреаційних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Про особисте селянське господарство : Закон України № 742 від 15.05.2003. Офіційний портал Верховної Ради України. URL : <https://ips.ligazakon.net/document/JF3IU00A> (дата звернення: 12.10.2025).

2. Про сільський та сільський зелений туризм : Проект Закону України № 5206 від 04.03.2021 року. Урядовий портал. Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. URL :

<https://ips.ligazakon.net/document/JI04552A?an=3> (дата звернення: 12.10.2025).

3. Пропозиції Міністерства культури та інформаційної політики України до проекту Закону України «Про сільський та зелений туризм» ініційований н.д. М. Закревським реєстр. № 5206 від 05.03.2021 р. URL : https://www.kmu.gov.ua/storage/app/bills_documents/document-2177963.pdf дата звернення: 12.10.2025).

4. Офіційний сайт : Спілка сільського зеленого туризму в Україні. URL : <https://greentour.com.ua/> (дата звернення: 12.10.2025).

УДК 502.3:504(477.73)

*Мась А. Ю.,
старший викладач кафедри
управління земельними ресурсами,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна*

РОЗВИТОК ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Повномасштабне вторгнення Росії у 2022 році призвело до значних втрат не лише в економічній сфері та інфраструктурі країни, а й спричинило численні людські жертви й страждання. Крім того, бойові дії негативно вплинули на стан довкілля.

Чимало екологічних і кліматичних проблем Україна мала до початку війни, однак російська військова агресія суттєво їх посилила. Ще до війни система природоохоронних територій України стикалася з низкою проблем, серед яких були недофінансування, обмеженість людських ресурсів, неоптимальні методи управління та відсутність комплексних механізмів моніторингу і правозастосування, відсутність ефективних механізмів моніторингу й контролю. Залучення місцевих громад до природоохоронної діяльності також було недостатнім, що призводило до прогалин у досягненні цілей сталого природоохоронного розвитку.

Оскільки бойові дії тривають і нині, їх руйнівний вплив і надалі охоплює природоохоронні території та загрожує біорізноманіттю країни. Обмежені людські ресурси та управлінський потенціал у поєднанні з ризиками, пов'язаними із замінуванням та невизначеною безпековою ситуацією, значно ускладнюють або роблять неможливим

здійснення досліджень і моніторингу, тому в певних регіонах ці процеси практично не відбуваються.

Тож війна та тиск, що зростає, на природні ресурси посилюють вже наявні проблеми, зокрема неідеальну систему управління природоохоронними територіями, суттєвий дефіцит фінансування заходів із збереження біорізноманіття, відсутність уніфікованих методів збору й обміну даними, низький рівень цифровізації, а також неналежне виконання природоохоронного законодавства.

Зазначимо, що біорізноманіття та природне середовище Миколаївщини представлені розвиненою системою природоохоронних територій, до якої входять національні парки, природні заповідники та інші охоронювані об'єкти. Вони відіграють ключову роль у збереженні унікальних екосистем і рідкісних видів, є важливою основою для наукових досліджень.

На нашу думку, ускладнені наслідками війни виклики зумовлюють гостру необхідність не лише відновлення, а й оновлення та зміцнення стійкості природоохоронних територій Миколаївщини. Для цього потрібен всебічний підхід, що враховуватиме як безпосередні наслідки воєнних дій, так і попередні системні недоліки. Підвищення здатності природоохоронних територій протистояти майбутнім загрозам – як антропогенним, так і природним – є ключовим завданням на шляху до сталого розвитку.

Отже, поточний стан природоохоронних територій у Миколаївській області потребує комплексного підходу для забезпечення їх подальшого розвитку та процвітання. Станом на 01.01.2025 до складу природно-заповідного фонду Миколаївської області входить 161 об'єкт, з них: 8 – загальнодержавного та 153 місцевого значення. 23 території входять до складу інших об'єктів природно-заповідного фонду без зміни категорії. Фактична їх площа становить 78 394,66 га ($\approx 3,19\%$ площі області). Обласні звіти також зазначають, що за останні приблизно 5 років створено близько 14 нових територій загальною площею $\approx 1\,330$ га [1].

Розподіл територій та об'єктів природно-заповідного фонду Миколаївської області представлений у наступній таблиці:

Таблиця

Розподіл територій та об'єктів ПЗФ за категоріями

№	Категорія об'єкта ПЗФ	Кількість, шт
1	Біосферний заповідник	1
2	Національний природний парк	2
3	Регіональний ландшафтний парк	5
4	Заказник	71
5	Заповідне урочище	13

6	Пам'ятка природи	48
7	Зоологічний парк	1
8	Природний заповідник	1
9	Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва	19
	Всього	161

Протягом останніх 5 років під час воєнного стану у Миколаївській області вдалося створити 14 заповідних територій загальною площею 1330 га.

Хронологія їх створення наступна:

1) 2021 – створено 4 заказники (напрацювання 2021 року) загальною площею $\approx 810,03$ га (офіційні згадки в екопаспортах/звітах);

2) 2022 – рішення облради про створення ще кількох заказників (зокрема «Райдолинський степ», «Балка Глибока», «Черталківський-2», «Веселинівські плавні» – сумарно сотні гектарів);

3) 2023 – додаткові рішення/оголошення (є рішення облради №9 від 09.03.2023 щодо створення/оголошення окремих територій);

4) 2024 – упродовж року площа ПЗФ збільшилася (офіційний звіт: +232,68 га, створено 4 нових територій; також у грудні 2024 – рішення про ще 2 нових заказники). Місцеві ЗМІ також писали про «Чортальські обрії» (різні джерела дають різні оцінки площі цього заказника – від ~ 143 га (офіційні сторінки) до публікацій з більшими цифрами). Додаткові рішення наприкінці 2024: рішеннями облради ухвалено створення кількох малих заказників (наприклад, «Лук'янівський» $\sim 27,2$ га та «Баратівка» $\sim 62,37$ га – грудень 2024).

Крім того, тривають роботи щодо створення гідрологічного заказника «Ковалівські плавні» у Миколаївському районі та ботанічного заказника «Степовий клин» у Вознесенському районі. Їх площа становить 719 га. За три попередні роки на місцевості встановлено межі 25 заповідних об'єктів. Аналогічні роботи тривають ще для 9 об'єктів. Зазначені дії дозволяють юридично закріпити правовий статус земель як території ПЗФ. Крім того, для збереження біорізноманіття в лісах створено 2 охоронні зони. Тривають процедурні питання щодо створення ще 3 нових охоронних зон та 8 охоронних зон для збереження об'єктів Червоної книги України.

Список використаних джерел

1. Загальна характеристика та перспективи розвитку URL : <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/pzf/perspektyva> (дата звернення 10.10.25)

*Перович Л. М.,
д-р техн. наук, професор,
завідувач кафедри управління земельними ресурсами,
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна.*

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»

Питання якості підготовки фахівців вищої кваліфікації має бути одним із першочергових пріоритетів держави, оскільки в перспективі забезпечує розвиток економіки країни, її військову та продовольчу безпеку, розвиває інноваційні технологічні процеси, служить основою побудови демократичної, вільної та незалежної держави. З огляду цих позицій, розглянемо проблеми підготовки фахівців за спеціальністю «Геодезія та землеустрій». Розвиток земельних відносин в Україні, роздержавлення та приватизація землі, її обіг призвели до зросту попиту на фахівців із землеустрою. У зв'язку з цим, не маючи, в першу чергу, відповідного кадрового потенціалу, а звідси – належного фахового викладання профільюючих дисциплін та створення відповідного навчально-методичного забезпечення в Україні, нині підготовку фахівців за даною спеціальністю ведуть 48 закладів вищої освіти (ЗВО). Таким чином, число ЗВО, які ведуть підготовку фахівців за даною спеціальністю, зросло майже в сім разів порівняно з радянським періодом.

Метою даного дослідження є розроблення пропозицій та рекомендацій щодо вдосконалення освітньо-професійної програми підготовки фахівців за спеціальністю «Геодезія та землеустрій».

Освітньо-професійна програма спеціальності потребує модифікації, враховуючи, що геодезія і землеустрій – це дві незалежні сфери знань. Геодезія – вирішує коло питань, пов'язаних із вивченням форми та фігури Землі, картографуванням її території, дослідженням деформацій топографічної поверхні та інженерних споруд, а також інженерно-геодезичного та топографічного забезпечення різних галузей народного господарства: будівництва, планування розвитку територій, географії, екології, лісовпорядкування тощо, зокрема землеустрою.

Землеустрій спрямований на вирішення питань, пов'язаних з ефективним та раціональним використанням земельних ресурсів і тісно пов'язаний з оцінкою земель, територіальним плануванням, земельним законодавством, а з технічної сторони з геодезією, яка відіграє прикладну роль. Звідси в даній спеціальності на рівні бакалаврату

повинні бути дві освітньо-професійні програми: «Геодезія» і «Землеустрій», які є основою формування спеціалізованих освітньо-професійних програм другого та третього рівня підготовки фахівців за даною спеціальністю. Основним індикатором оцінки якості освітньо-професійної програми є висновок експертної групи при акредитації даної спеціальності. Одним із найважливіших чинників акредитаційної справи є зміст та структура освітньо-професійної програми, яка має відповідати ліцензійним [1] та акредитаційним [2] вимогам, і яку кваліфіковано можуть оцінити особи, які мають великий практичний досвід у підготовці фахівців певного рівня. При цьому базова фахова підготовка експертів обов'язково повинна відповідати фаху і рівню акредитації. На жаль, цей важливий критерій підбору експертів за спеціальністю «Геодезія та землеустрій» не завжди дотримується. У багатьох випадках експертами виступають особи, які формалізовані в дану спеціальність, але не мають базової освіти та належної практичної фахової підготовки. Це науково-педагогічні працівники (НПП) за фахом екологи, географи, економісти не за спеціальністю природокористування та особи з інших галузей знань, які не мали жодного відношення до геодезії чи землеустрою. Таким чином, висновки про якість оцінки освітньо-професійної програми є проблематичними. З іншого боку, цілі цикли профілюючих навчальних дисциплін ведуть НПП, які в минулому не мали жодного відношення до тих предметів, яких навчають студентів. Звідси і якість підготовки. Першочергово це стосується геодезичної групи дисциплін, де НПП з геодезії знаходяться, в основному, у Львові та Києві. Звідси виникає проблема забезпечення відповідними НПП навчальних закладів Півдня та Сходу України. Ймовірно, досягнення позитивного результату можливе шляхом залучення до викладання окремих фахових дисциплін професіоналів на умовах сумісництва та створення міжвузівських навчально-наукових об'єднань, які б на належному фаховому рівні створювали навчально-методичне забезпечення дисциплін, формували окремі напрями наукових досліджень тощо.

Висновок. У межах спеціальності «Геодезія та землеустрій» на першому рівні підготовки щонайменше мають бути дві окремі освітньо-професійні програми: «Геодезія» і «Землеустрій». Кадровий персонал експертних груп з акредитації даної спеціальності повинен складатись з НПП, які мають базову освіту за напрямком підготовки фахівців.

Список використаних джерел

1. Ліцензійні умови проведення освітньої діяльності. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1187. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1187-2015-%D0%BF#Text> (дата звернення 10.10.25).

2. Положення про акредитацію освітніх програм, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти. Затверджено наказом Міністерства освіти і науки України 15 травня 2024 року № 686. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1013-24#Text> (дата звернення 10.10.25).

УДК 332.64

*Перович Л. Л.,
канд. техн. наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою,
Коношенко М. О.,
здобувач вищої освіти другого магістерського рівня,
спеціальності G18 Геодезія та землеустрій,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна.*

МАСОВА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ВІДНОСИН

Земельна реформа в Україні започаткувала формування ринкових відносин у сфері землекористування та активізувала операції з купівлі-продажу земельних ділянок, що створило умови для запровадження масової оцінки земель, яка базується на стандартизованих методах аналізу ринкових даних і статистичній перевірці їх достовірності з метою ефективного регулювання плати за землю.

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 13 жовтня 2023 р. № 1078 «Деякі питання реалізації пілотного проєкту щодо проведення масової оцінки земель», масова оцінка земель – це різновид оцінювання земельних ділянок, що здійснюється на всій території України з встановленою періодичністю і має на меті визначення їх вартості на основі систематизованих даних: ринкових цін земель і нерухомого майна, відомостей про вартість речових прав і розмір плати за користування чужими земельними ділянками, а також реєстраційних відомостей про речові права та їх обтяження; результати такої оцінки, зокрема, використовуються як база для оподаткування плати за землю [1].

Масова оцінка земель створює підґрунтя для формування справедливої податкової політики, сприяє розвитку ринку землі та залученню інвестицій у земельні ресурси, а також має соціально-економічне значення, адже підвищує рівень довіри до державної системи управління земельними ресурсами, забезпечує рівність прав власників та користувачів земельних ділянок і сприяє прозорості земельних відносин.

Метою запровадження масової оцінки є створення єдиної системи визначення ринкової вартості земель, яка забезпечить об'єктивність, прозорість і доступність даних для органів державної влади, органів місцевого самоврядування, інвесторів і громадян. Результати такої оцінки використовуються як база для оподаткування плати за землю, визначення орендної плати, а також для прийняття управлінських і планувальних рішень.

Пілотний проєкт, затверджений Постановою № 1078, передбачає створення геоінформаційної системи масової оцінки земель, інтегрованої з Державним земельним кадастром, у межах якої функціонує математико-статистична модель, що забезпечує автоматизований розрахунок показників вартості земельних ділянок з урахуванням ринкових факторів. Така система дає змогу підвищити точність та достовірність оцінки земель, забезпечити регулярне оновлення даних (не рідше ніж один раз на два роки) та відкритий доступ користувачів до результатів через вебпортал Держгеокадастру [1].

В Україні створено необхідне підґрунтя для запровадження системи масової оцінки земель, зокрема сформовано сучасну інформаційну базу, що забезпечує збирання та обробку даних про земельні ділянки. Відповідно до Закону України від 5 грудня 2019 р. № 340-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо протидії рейдерству», починаючи з 2020 р., органи, які ведуть Державний земельний кадастр, отримують дані з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно, що дає змогу мати актуальну інформацію про зареєстровані права на земельні ділянки, їхні обтяження, а також відомості про ціну чи вартість землі, речових прав або розмір плати за користування нею. Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру здійснює систематичний моніторинг стану земельних відносин, зокрема цінової динаміки, навіть у період дії воєнного стану [2].

З метою розвитку підходу до визначення земельного податку на основі показників масової оцінки земель у Державній антикорупційній програмі на 2023-2025 рр. передбачено низку заходів. Зокрема, планується розроблення та ухвалення Закону про внесення змін до Закону України «Про оцінку земель», який запровадить новий вид

оцінки – масову оцінку земель, визначить правові засади її проведення та встановить обов’язок оновлення результатів не рідше одного разу на два роки. Закон також має врегулювати порядок реалізації пілотного проєкту на основі даних про вартість нерухомого майна, речові права та плату за користування ним, а також забезпечити ефективну інтеграцію Державного реєстру речових прав на нерухоме майно з Державним земельним кадастром. Окрім того, передбачається ухвалення постанови Кабінету Міністрів України, яка визначить механізм реалізації пілотного проєкту масової оцінки земель на основі даних про ціну нерухомості та права користування нею. Важливим кроком стане також створення геоінформаційної системи масової оцінки земель у структурі Державного земельного кадастру, що забезпечить відкритість, прозорість та доступність інформації про результати масової оцінки для всіх зацікавлених сторін, а також сприятиме підвищенню ефективності адміністрування земельного податку й орендної плати за державні та комунальні землі [3].

Отже, впровадження масової оцінки земель в Україні є стратегічним кроком у напрямі діджиталізації земельних відносин, розвитку ринкової інфраструктури та підвищення ефективності використання земельних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2023) *Some issues of implementing the pilot project on conducting mass land valuation* (Order No. 1078, dated October 13, 2023, Kyiv). [in Ukrainian].
2. Law of Ukraine (2019) *On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Combating Raiding* (Law No. 340-IX, dated December 5, 2019, Kyiv). [in Ukrainian].
3. National Agency on Corruption Prevention (2023) *State Anti-Corruption Program for 2023–2025* (official publication). Available at: <https://dap.nazk.gov.ua/uploads/problem> [in Ukrainian].

МОРСЬКЕ ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТА КАДАСТР: ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ДОСВІДУ ІЗРАЇЛЮ В УКРАЇНУ

Морське просторове планування має вагоме значення для розвитку приморських регіонів та спрямоване на вирішення економічних, соціальних, екологічних, політичних проблем даних територій, забезпечення національної безпеки країни в цілому. Його метою є сприяння сталому розвитку, «блакитному» зростанню, збереженню морських зон та океанських просторів, подоланню конфліктів у густо зайнятих районах океану [4].

На сьогодні для України актуальним є питання ефективного управління та раціонального використання морських територій, ресурсів шляхом впровадження морського просторового планування та морського кадастру, особливо в контексті європейської інтеграції країни та через обмеження доступу до Чорного та Азовського морів внаслідок військових дій.

Європейський парламент та Рада Європейського Союзу у липні 2014 року ухвалила Директиву 2014/89/EU щодо встановлення рамок для морського просторового планування відповідно до якої 22 морські держави-члени ЄС зобов'язані встановити та впровадити морське просторове планування, враховуючи взаємодію суші та моря. Статтею 14 цього документу передбачена необхідність введення в дію законів, положень та адміністративних норм в кожній країні-учасниці [1].

На вимогу Директиви 2014/89/EU морські просторові плани впроваджені у Великій Британії, Ірландії, Норвегії, Фінляндії, Латвії, Польщі, Португалії (за винятком Азорських островів), Данії, Франції, Ірландії, Словенії, Швеції, Болгарії, Кіпрі, Естонії, Румунії, Іспанії, Бельгії, Німеччині, Нідерландах. Станом на березень 2024 року не ухваленими такі плани залишились в Італії, Греції та Хорватії. Директива створює нормативну основу для морського просторового планування, проте затвердження її вимог залежить від національних особливостей кожної держави і варіюється за територіальним охопленням, інституційними структурами, планувальними процесами та секторами [5].

Морське просторове планування повинно базуватися на точній інформації, наукових знаннях та передбачати адаптивний підхід до

управління. З цією метою Європейською комісією розроблені інструменти збору даних та наукові інструменти, які забезпечують процес планування. До них належать: Європейська мережа спостереження за даними про морське середовище (EMODNET); Комплексна база даних для морської соціально-економічної статистики (яку зараз розробляє Статистична служба Європейських Співтовариств); Європейський Атлас морів; Глобальний моніторинг навколишнього середовища та безпеки (Copernicus/Коперник). Морський кадастр виступає ключовим інструментом, який забезпечує ефективну реалізацію морського просторового планування, подібно до того, як земельний кадастр відіграє важливу роль в управлінні земними територіями держави [2].

Морський кадастр створено у США, Канаді, Австралії. Розвинену інфраструктуру просторових даних (MSDI) мають Німеччина, Франція, Данія, Швеція, країни балтійського регіону та інші. [6]. У Новій Зеландії, країнах Азії та Африки також впроваджене морське просторове планування та розвиток інфраструктури просторових даних зокрема.

Для прикладу, досвід США та Канади відображає еволюцію до багатоцільового морського кадастру та Морської інфраструктури просторових даних (MSDI), що охоплює широкий спектр інформації (правова, фізична, екологічна та культурна інформація інтегрується в єдину геоінформаційну систему) для комплексного управління. Натомість, Ізраїль має обмежений обсяг морського кадастру, який фактично слугує прямим продовженням земельного кадастру та зосереджується виключно на реєстрації меж і пов'язаних з ними майнових прав та прав на використання. Слід зазначити, що при затвердженні морського кадастру в Ізраїлі враховувались інтереси Міністерств енергетики та водних ресурсів, сільського господарства, внутрішніх справ, транспорту, закордонних справ та інших [3].

Механізми впровадження та функціонування морського просторового планування в Ізраїлі, ефективно реалізованого в умовах значних геополітичних ризиків і обмеженого морського простору в регіоні Східного Середземномор'я, є релевантними та перспективними для застосування в Україні.

Ізраїль не є стороною Конвенції ООН з морського права, але дотримується більшості її положень, особливо в частині визначення морських зон. У Середземному морі країною визначено:

- 1) Територіальне море: простягається до 12 морських миль, де Ізраїль має повний суверенітет.
- 2) Виключну економічну зону, яка становить менше 200 морських миль і передбачає часткові суверенні права.

Права, що регулюються морським законодавством містять: права використання морського дна, мінеральних ресурсів; права на забудову, рибальство; права громадського доступу та використання прибережних зон, тощо[3].

Морський кадастр в Ізраїлі заснований на координатах (Coordinate Based Cadastre) та повинен забезпечувати підтримку як державних, так і регіональних ініціатив у сфері морського просторового планування, зокрема у таких аспектах, як рибальство, транспорт, рекреаційна діяльність, виробництво енергії з використанням вітру та хвиль, морське сільське господарство, прокладання комунікаційних кабелів, оформлення дозволів на видобуток нафти і газу, розміщення інфраструктурних установок і трубопроводів, а також охорона морських екосистем. Кадастр повинен охоплювати як майнові права, так і права користування морськими ресурсами. На відміну від наземних кордонів, морські межі встановлюються шляхом делімітації за допомогою координат. Тривимірна (3D) реєстрація дозволяє ефективно регулювати права та відносини, пов'язані з використанням поверхні моря, водного простору, а також підземних шарів. Крім того, облік повинен включати інформацію про археологічну спадщину, що знаходиться в межах морського простору[3].

Морський кадастр почав впроваджуватись на територіях, які є під повним суверенітетом Ізраїлю, – суходіл, внутрішні води та територіальне море. Завдання кадастру у ВЕЗ полягало у визначенні меж концесійних зон, а також в управлінні та контролі дозволів і прав на буріння й видобуток корисних копалин. Геодезичною службою Ізраїлю були створені серії гідрографічних карт, які охоплювали територіальне море країни у Середземному морі та слугували цінним джерелом даних для морського кадастру. Національний батиметричний проєкт мав велике значення для збору інформації про морське дно та надра і забезпечив можливість формування 3D- або багатовимірного кадастру [3].

Морським кадастром передбачено, що територіальне море Ізраїлю розподілене на блоки приблизно 5х5 км. Територія близька до узбережжя поділена на менші блоки, оскільки захищена законом про захист прибережного середовища та на ній розташовані порти, хвилерізи, трубопроводи, тощо. Делімітація блоків за координатами передбачає визначення планів земельних блоків вздовж узбережжя офіційними координатами. Особливістю морського кадастру Ізраїлю є застосування референтної лінії, яка поєднує опорні точки на узбережжі прямими лініями і використовується як довідкова межа в системі морського кадастру. Метою опорних точок, які мають точні

координати, є встановлення цифрової межі між блоками, розташованими поблизу узбережжя та морськими блоками [3].

Розподіл морських територій на блоки, передбачений морським кадастром є прямим продовженням базової методології розподілу земель в Ізраїлі. Морська політика цієї країни та морський кадастр – це головні інструменти моніторингу, контролю та управління морськими територіями. Вони сприяють вирішенню конфліктів щодо користування ресурсами та надрами встановлюючи чіткі межі володіння, користування та права на них. Крім того, завдяки цим інструментам знижуються геополітичні ризики, пов'язані з кордонами, а також підвищується стійкість морського середовища.

Механізми створення морського кадастру в Ізраїлі, який уніфікований з принципами земельного кадастру, можуть бути адаптовані до процесу створення морського кадастру та морського просторового планування України. Досвід, що включає створення референтної лінії та опорних точок визначених на суші для розмежування кадастрових зон, 3D-моделей морського простору, інституційна координація та визначення установи відповідальної за розробку та введення морського кадастру, забезпечення визначеності прав у морському просторі, є актуальним та перспективним для застосування в Україні.

Отже, для забезпечення швидкої розробки та впровадження морського кадастру і морського просторового планування в Україні необхідно вивчати та адаптувати методики, які показали свою ефективність в інших країнах, в тому числі в Ізраїлі. Слід зауважити, що ці механізми управління морськими територіями є потужним стимулом для економічного зростання та суттєво знижують інвестиційні ризики. Практика США, Канади та інших країн-лідерів показує, що прозора система реєстрації прав у морських зонах значно спрощує процедуру оформлення дозволів та залучення довгострокових інвестицій. Морське просторове планування забезпечить ефективне використання обмежених морських ресурсів України, вирішення конфліктів та поєднання економічних інтересів суб'єктів господарювання в енергетиці, транспорті враховуючи необхідність захисту довкілля та військовою загрозою.

Список використаних джерел

1. Establishing a framework for maritime spatial planning : Directive of the European Parliament and of the Council from 23.07.2014, № 2014/89/EU. Official Journal of the European Union. 2014. 28 august. URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/89/oj/eng> (дата звернення: 15.10.2025).
2. Giannakopoulou, S., & Arvanitis, A. Marine Cadastre and Marine Spatial Planning [Chapter]. In Giannakopoulou, S., & Arvanitis, A. 2023. Spatial Planning: Technical, Legal and Economic Dimensions [Undergraduate textbook]. Kallipos, Open Academic Editions. URL : <https://hdl.handle.net/11419/10287> (дата звернення: 15.10.2025).
3. Haim Srebro. Implementation of Marine Cadastre in Israel. FIG Peer Review Journal. 2015. URL : <https://www.fig.net/resources/publications/prj/showpeerreviewpaper.asp?pu bid=7517> (дата звернення: 15.10.2025).
4. Ibrahim Issifu, Ilyass Dahmouni, Iria García-Lorenzo, U. Rashid Sumaila. Economics in Marine Spatial Planning. 2023. Preprints.org. URL : https://www.researchgate.net/publication/378007977_Economics_in_Marine_Spatial_Planning (дата звернення: 15.10.2025).
5. Jacek Zaucha, Kira Gee, Emiliano Ramieri, Leila Neimane, Neil Alloncle, Nerijus Blažauskas, Helena Calado, Cristina Cervera-Núñez, Vesna Marohnić Kuzmanović, Margarita Stancheva, Joanna Witkowska, Sigrid Eskeland Schütz, Juan Ronco Zapatero, Charles N. Ehler. Implementing the EU MSP Directive: Current status and lessons learned in 22 EU Member States. Marine Policy. 171 (2025) 106425. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X24004251?via%3Dihub> (дата звернення: 15.10.2025).
6. Перович Л., Белінська С. Морський кадастр : українські реалії в контексті світового досвіду. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2024. Вип. 1. С. 203-214. URL : <https://surl.it/vrvwgk> (дата звернення: 15.10.2025).

*Сандольська О. Є.,
директор,
ТОВ «Миколаївський земельно-кадастровий інститут»,
м. Миколаїв, Україна*

МОЖЛИВІ НАПРЯМКИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАНЬ У ПОСТВОЄННИЙ ПЕРІОД

У період повномасштабної війни в Україні найбільша частка у загальному обсязі прямих збитків завдана житловим будівлям (60,0 млрд доларів) та транспортній інфраструктурі (38,5 млрд доларів) [1]. Відповідно, на порядок денний нині постає питання необхідності відновлення інфраструктурних об'єктів та порушених територій.

Вважається, що поняття «ревіталізація» бере свій початок з середини XIX століття та передбачає відновлення занедбаних промислових споруд та просторів шляхом їх реорганізації [2].

Нині термін «ревіталізація» (від лат. *re* – відновлення, *vita* – життя та англ. *revitalization* – повернення до життя) трактується як поняття, що передбачає процеси відновлення, оживлення, відтворення.

Сьогодні вже є цілком сформованими етапи процесу ревіталізації [3, с. 52], що передбачають безпосередню підготовку до процесу ревіталізації об'єкта, його інвентаризацію, що передбачає складання кошторису та складання безпосередньо стратегії розвитку об'єкта, проведення аналізу об'єкта, що ревіталізується, практичну реалізацію проєкту, що передбачає заходи з реконструкції та/або відновлення об'єкта, оптимізація просування об'єкта, що містить у собі його просування на ринку нерухомості, а також фіксацію досвіду ревіталізації з метою подальшого вдосконалення.

Як бачимо, ревіталізація є не тільки тим елементом, що дозволяє відродити старі об'єкти тощо, а й є важливою складовою ефективного розвитку територій та інструментом управління нерухомістю, що передбачає досягнення в кінцевому підсумку привабливості для інвестицій.

Відповідно, в Україні на рівні областей має бути розроблена стратегія ревіталізації землекористувань та порушених територій, яка була б побудована у співпраці із громадою. У ній мають бути передбачені обсяги державної підтримки, джерела фінансування, визначена участь суб'єктів господарювання в її реалізації. Крім того, у цій стратегії має міститись інформація щодо способів виконання відповідних процесів, можливі варіанти партнерства громади, бізнесу та держави.

Поряд зі стратегією ревіталізації землекористувань має бути розроблена програма ревіталізації, яка має містити у собі середньостроковий план досягнення запланованих результатів для суб'єктів господарювання на землі. Вона має містити у собі відповідні інструменти регулювання намічених завдань, що мають бути виконані під час ревіталізації.

Вагомою складовою під час розробки і виконання стратегії та плану ревіталізації має бути забезпечення виконання таких почергових кроків: вживання контрактивних невідкладних заходів для подолання негативних явищ у районах, де це є можливим; необхідність закріплення у законодавчих актах та рекомендаційних документах поняття ревіталізації, а також узгодження особливостей права власності на об'єкти ревіталізації; забезпечення наявності необхідного капіталу, можливо за рахунок закордонних інвесторів тощо, який буде задіяний у ревіталізаційних процесах; активізація соціально-економічних показників на землекористуваннях, що зазнали деструктивного впливу, поетапна ліквідація негативних наслідків на порушених територіях; збільшення можливостей для чи то створення нового, чи коригування існуючих бізнес-процесів, поетапне налагодження виробництва у районах, що зазнали негативного впливу внаслідок війни; передбачення можливості перетворення зруйнованих чи занедбаних територій у місця для втілення різноманітних проєктів або проведення широкого спектру заходів; підвищення рівня конкурентоспроможності відповідного землекористування, забезпечення комфортності життя його мешканців, підвищення туристичної привабливості територій.

Враховуючи, що ревіталізація є достатньо ефективним інструментом управління нерухомістю, можливо доцільним є перетворення чи то занедбаних приміщень, чи то виробничих зон в такі виробничі зони, де розвиватиметься споживчий ринок та сфера послуг. Зі свого боку це забезпечить жителів відповідних землеволодінь та землекористувань у різноманітних товарах і послугах.

Оскільки під час ревіталізації трансформації споруд та об'єктів відбувається їх трансформація у нові локації, це гарантуватиме привабливість їх як для місцевих мешканців, так і для туристів. Це також підвищить імідж певних територій, привертатиме увагу інвесторів.

У районах, де наразі це є можливим, під час ревіталізації важлива роль належить збереженню регіональної ідентичності, що поєднує в собі відчуття спільності території, підпорядкування загальномісцевим та регіональним інтересам.

Отже, за умови поетапного виконання намічених кроків забезпечуватиметься не лише поетапне відновлення зруйнованих та

деградованих територій, а й підвищуватиметься конкурентоспроможність землекористувань як на місцевому, так і регіональному рівні.

Підсумовуючи вищевикладене можна сказати, що особливостями процесу ревіталізації у поствоєнний період є досягнення таких почергових кроків, як введення в дію невідкладних заходів для подолання кризових явищ у районах, де це є можливим; необхідність закріплення у законодавчих актах та нормативних документах поняття ревіталізації; потребує необхідності узгодження особливостей права власності на об'єкти ревіталізації; необхідним є забезпечення наявного капіталу, який буде задіяний у ревіталізаційних процесах; потребує необхідності активізації соціально-економічних показників на землекористування, що зазнали деструктивного впливу; слід поетапно здійснювати ліквідацію негативних наслідків на порушених чи зруйнованих територіях; слід коригувати існуючі бізнес-процеси з метою поетапного налагодження виробництва; необхідним є перетворення зруйнованих територій у місця для втілення різних проєктів; потребує необхідності підвищення рівня конкурентоспроможності землекористувань, підвищення туристичної привабливості території.

Список використаних джерел

1. Андрієнко Д., Горюнов Д., Грудова В., Маркуц Ю та ін. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на листопад 2024 року. 2025. 28 с. URL : https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf (дата звернення 11.10.25).
2. Wallace A.C. Revitalization Movements. American Anthropologist. № 58. 1956. P. 264-281. URL: <https://doi.org/10.1525/aa.1956.58.2.02a00040> (дата звернення: 11.10.2025).
3. Бессонова А.В., Безугла Л.С., Белобородова М.В. Міжнародний досвід ревіталізації промислових об'єктів : можливості для України. Scientific journal “Development service industry management”. № 2. 2024. С. 49-55. URL : <https://dsim.khmnmu.edu.ua/index.php/dsim/article/view/126/123> (дата звернення: 11.10.2025).

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ

В епоху розвитку сучасних технологій, інформаційної обізнаності суспільства, збільшення потреб геодезичних робіт у сільському господарстві, необхідно максимально швидко та ефективно інтегрувати сучасні світові досягнення геодезичної галузі в практичне використання. Враховуючи бурхливі зміни в останні роки в Україні, продовження та запровадження нових реформ, прийняття ключових законів – «Про добровільне об'єднання територіальних громад» та «Про ринок земель», землепорядні, картографічні та геодезичні служби стають як ніколи актуальні. Адже діяльність фахівців цих служб має важливе значення, особливо, коли на порядку денному стоїть завдання щодо передачі земельних ділянок сільськогосподарського призначення державної власності у комунальну власність об'єднаних територіальних громад, впорядкування земель приватної власності та земель, що перебувають в оренді, наповнення та подальший розвиток державної кадастрової системи, встановлення меж адміністративно-територіальних одиниць, інвентаризація земель тощо. Процес реформування держави насправді є нескінченним, а тим більше зараз – коли технології й світ змінюються хіба не щодня. Здавна відомо, що геодезична і картографічна діяльність є одним із основних видів діяльності для ефективного розвитку економіки, науки, зміцнення національної безпеки та оборони держави. Вона є сукупністю управлінських, виробничих, наукових і освітніх заходів для створення, зберігання і доведення до користувачів топографо-геодезичної і картографічної інформації та даних. Сьогодні в Україні близько 7 млн українців, які внаслідок розпаювання земель у 1990-х роках отримали у власність більш ніж 70% всіх сільськогосподарських угідь в Україні. А це становить близько 30,5 млн га. Згідно з даними Державної служби статистики, в Україні сільськогосподарським виробництвом займаються більше 45 тисяч суб'єктів господарювання, більшість з яких (57%) обробляють до 100 гектарів землі, багато громадян обробляють свої наділи самостійно. Звісно, що для впорядкування меж земельних ділянок такої великої кількості землевласників потребує значних зусиль

відповідних організацій, сертифікованих інженерів-геодезистів та землевпорядників, кількість яких нині, як показує практика, не достатня, щоб у повному обсязі задовольнити ринок землевпорядних робіт. Особливо з прийняттям закону про ринок земель, вважаємо, що кількість землевпорядних робіт буде постійно збільшуватись. Незважаючи на те, що більшість кадастрових даних про земельні ділянки внесені до бази даних Державного земельного кадастру (ДЗК), адміністратором якого є державне підприємство «Центр ДЗК». З 01 січня 2013 року відомості про земельні ділянки, що містяться в Державному земельному кадастрі України, є відкритими та опубліковані в мережі Інтернет. Це стало можливим шляхом створення Публічної кадастрової карти України (ПМК). Вважаємо за необхідне для ефективного та раціонального управління у сфері землеустрою у межах своїх повноважень, виконавчим органам сільських, селищних, міських рад мати необхідні засоби, можливості та обладнання для проведення землевпорядних, геодезичних та картографічних робіт, також з метою додаткового контролю використання земельними ресурсами відповідно до норм земельного законодавства. На сьогоднішній день оптимальним рішенням для отримання геодезичної інформації є системи GNSS (комплексна електронно-технічна система, що складається з сукупності наземного та космічного обладнання та призначена для позиціонування в просторі (місцезнаходження в географічній системі координат)) і в часі, а також визначення параметрів руху (швидкості, напрямку тощо). Як відомо за практикою, за порівняно короткий час польові бригади, які мають можливість працювати з GNSS обладнанням, відзначають великі переваги у своїй роботі. Досягнути сантиметровий рівень точності визначення координат можна значно швидше, ніж під час використання традиційного геодезичного обладнання, а також з'явилась можливість виконувати знімальні геодезичні роботи цілодобово, за будь-яких погодних умов, а також за відсутності прямої видимості між пунктами. Над реалізацією GNSS-технології та практичним її застосуванням науковці зі всього світу працювали десятиліттями. Доволі довгий час практично єдиним способом визначення координат пунктів за допомогою GPS був відносний метод. Недоліком цього методу були тривалі сеанси (сесії) спостережень та довгі у часі процеси постоброблення. А тому остаточний результат можна було отримати не відразу, а через якийсь певний проміжок часу. Все це значно обмежувало продуктивність та оперативність геодезичних робіт з використанням тодішньої GNSS-технології. Згодом з'ясувалося, що ці та інші недоліки можна подолати, застосовуючи сучасні мережеві RTK-технології, і отримати до того ж сантиметрову точність. Для цього

необхідна побудова мережі референційних GNSS станцій. Сьогодні вже створені та продовжують розвиватися станції, що працюють за принципами перманентних станцій EUREF (Reference Frame Sub commission for Europe) чи IGS (International GPS Geodynamics Service). Такі станції ще називають референційними, оскільки їхні координати безперервно визначаються і уточнюються і є носіями референційної системи. Отже, на їх основі створюються національні мережі, які можуть мати статус як загальнодержавних, регіональних, так і приватних. Саме інтеграція супутникових технологій із засобами зв'язку дала можливість ще в 1992 р. розробити метод відносної кінематики в режимі реального часу – метод RTK (Real Time Kinematic). Сьогодні за допомогою RTK технології спостережувані дані отримують у реальному часі. Це дало змогу значно швидше виконувати польові роботи (без додаткових координатних обчислень) та розв'язувати різного роду задачі (визначати азимут, лінійні відстані або площу ділянки, виносити в натуру проектні дані тощо). На всі ці роботи витрачається мінімум часу та робочого персоналу. Наприклад, для визначення координат одного пункту в режимі реального часу достатньо всього декілька десятків секунд. Безумовно, ця технологія є лідером з усіх відомих на сьогодні, зокрема за продуктивністю, відносно вартості затрат.

Список використаних джерел

1. Земельний кодекс України, редакція від 01.01.2025. URL : <https://data.rada.gov.ua/laws/show/2145-20#n6> (дата звернення 13.10.25)

Ступень Р. М.,
д-р екон. наук, професор,
професор, завідувач кафедри геодезії і геоінформатики,
Куліковська О. Є.,
д-р техн. наук, професор,
професор кафедри геодезії і геоінформатики,
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна.

ГЕОДИНАМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ПРОВАЛІВ І ЗСУВІВ У МЕЖАХ ПІДЗЕМНИХ РОЗРОБОК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Розробка залізрудних родовищ у Криворізькому регіоні із застосуванням вибухових і вібро-відбійних технологій спричиняє порушення рівноваги гірського масиву, поновлення природної тріщинуватості та формування техногенних тектонічних зон. Масиви порід, на яких розташовані промислові й житлові об'єкти, зазнали значного фізико-механічного розушільнення. Докембрійські породи, що утворюють «фундамент» регіону, розбиті на блоки розміром від 5-7 до 20 км², розділені зонами відкритої тріщинуватості, що знижує сейсмостійкість і створює передумови вертикальних і горизонтальних зміщень [1].

Підвищена тектонічна активність зони Криворізько-Кременчуцького розлому проявляється у різноспрямованих рухах земної поверхні. У межах гірничих відводів шахт виявлено дві основні системи тріщин: субмеридіональну та північно-західну, ускладнену дрібними розломами. Гірничо-геологічні умови ускладнюються чергуванням порід різної міцності – сланців, кварцитів, тальків [2].

Підземна розробка рудних горизонтів на глибинах 1200-1500 м призводить до утворення підземних порожнин, що змінюють напружений стан масиву та ініціюють зрушення й обвалення порід. У зонах техногенного навантаження формується провальний рельєф – воронки, тріщини, тераси, мікроссуви. За даними [3] і Криворізької ГРЕ, площа зони зрушення гірських порід становить понад 42% від загальної площі гірничих відводів.

Постійні вибухові роботи стимулюють розкриття старих і формування нових розривних порушень. Параметри деформацій залежать від розмірів виробленого простору, глибини розробки, кута падіння покладу та обводнення порід. Інструментальні спостереження з

використанням електронного тахеометра ELTA R55 засвідчили наявність активних зон зрушення (до 1,2 мм/міс).

У результаті польових спостережень і аналізу геологічної документації встановлено закономірності формування провальних структур. Виділено три зони розвитку деформацій:

1. Зона мульди – початкова стадія деформації з плавними зсувами та утворенням терас.

2. Зона зрушення – активна ділянка формування тріщин, детрузивних зсувів і мікропровалів.

3. Провальні зони – області деплясивних рухів, де формуються воронки діаметром до 300–500 м і глибиною кілька сот метрів.

Встановлено закономірність зв'язку провалів із тектонічними зонами субмеридіонального та північно-західного напрямів. Фіксуються як закономірні провали, що супроводжують плановий гірничий процес, так і випадкові, спричинені непередбачуваними факторами активізації масиву.

Провальні зони характеризуються деплясивними (сковзаючими) зрушеннями з утворенням воронкоподібних провалів у поєднанні з терасами, тріщинами, плавними зсувами (рис. 1-3). Причиною цих явищ є порушення стійкості у нижній частині схилу. Сила, що викликає зрушення, буває штучна й природна. Штучна – це поштовхи, струси при веденні вибухових робіт на глибині. Природна, котра допомагає формувати контури зони зрушення, – це зона розвитку тектонічних порушень. На цих ослаблених зонах і відбувається сковзання порід у лійках обвалення. Таким чином, формується будова схилів і всієї зони обвалення порід.



Рис. 1. Перехід терас у провали



Рис. 2. Провали ізометричної форми



Рис. 3. Провалля клиноподібної форми на території гірничого відводу ш. «Козацька»

Картографо-аналітична модель свідчить, що напрямок розвитку провальних процесів зміщується на північ, у бік селища Роза, що створює потенційну небезпеку для інфраструктури. Аналіз зсувних процесів у районі шахт ім. Орджонікідзе й «Козацька» показав, що формування клиноподібних і ізометричних воронок супроводжується розвитком терасоподібних схилів і тріщин у породах осадового чохла.

Результати моніторингу підтверджують необхідність систематичних інструментальних спостережень за станом земної поверхні та встановлення маркшейдерських профілів у межах тектонічно активних блоків. Визначення просторової кореляції між розломами, гірничими виробками й техногенними формами рельєфу дозволить прогнозувати площі зсувів і провалів, що є основою геодинамічної безпеки регіону. Досягнення результативності вищезазначених задач дозволить розробити критерії попередження надзвичайних ситуацій через встановлення ступеня ураженості геологічного середовища та розробити заходи, спрямовані на мінімізацію негативного впливу гірничодобувної промисловості на геологічне середовище.

Список використаних джерел

1. Паранько І., Смирнова Г., Іванова О. Кривий Ріг – потенційна зона виникнення техногенно-природних і техногенних надзвичайних ситуацій. *Геолого-мінералогічний вісник*. 2005. № 1. С. 5–9.
2. Куліковська О., Сидоренко В., Паранько І. До методики виявлення потенційних зон екологічного ризику в геологічному середовищі зі складною розломно-блоковою тектонікою. *Наукові праці ДонНТУ*. 2010. № 12(173). С. 244–253.
3. Николашин Ю., Корчагин Н., Палий Д. Применение имитационного моделирования поверхностей скольжения в откосах

для интерпретации инструментальных наблюдений за оползневymi деформациями отвалов. *Вісник Криворізького технічного університету*. 2009. № 23. С. 21–24.

УДК: 631/631.4+930.85

Чорний С. Г.,
*доктор с.-г. наук, професор,
професор кафедри управління земельними ресурсами
ЧНУ імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна.*

ОЦІНКА ВПЛИВУ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА СТАРОДАВНЬОЇ ОЛЬВИ НА ҐРУНТИ

Система землеробства, як комплекс організаційно-економічних, технологічних, меліоративних, ґрунтозахисних заходів, які направлені на ефективне використання землі, агрокліматичних ресурсів, біологічного потенціалу рослин, на підвищення родючості ґрунту з метою одержання високих стійких врожаїв сільськогосподарських культур можна поділити на примітивні, екстенсивні та інтенсивні.

За даними фрагментарних археологічних та археоботанічних досліджень, можна нарахувати щонайменше чотири системи примітивних і екстенсивних систем землеробства в ольвіополітів (Одрін, 2016): перелогова система, двопільна, трипільна та система, яку можна досить умовно назвати примітивною плодозмінною. Ці системи землеробства були впроваджені в різні історичні епохи існування ольвійської держави.

На початку освоєння цілинних степів в архаїчний період (кінець VII – VI ст. до н.е.) ольвіополітами, очевидно, існувала примітивна перелогова система землеробства, коли степова цілина розорюється і розорана ділянка використовується 8-10 і більше років під озими та ярові зернові культури до повного її виснаження, а потім під обробіток йшла інша ділянка. Водночас відсутньою була будь-яка система у чергуванні полів. Родючість ґрунту на перелогових землях відновлювалася під впливом природної степової рослинності. У класичний період (V – перша половина IV ст. до н.е.) та в елліністичний період (середина IV – I ст. до н.е.) існувала двопільна і трипільна система землеробства. Двопільна система землеробства була зорієнтована на монокультурне зернове господарство. Перше поле відводиться під зернову культуру, друге залишається під чорним паром, а на наступний рік поля

чергуються. Добрива при цьому зазвичай не використовуються. Використання зайнятих парів, чергування у двопільній сівозміні озимих та ярих культур або зернових та бобових при двопільній системі землеробства не могло бути через очевидний дефіцит зволоження ґрунту. Наявність чорного пару, як агрофону, який накопичує вологу, що використовується наступною зерновою культурою, виглядає як обов'язковий елемент двопільної системи землеробства в стародавній Ольвії.

Про можливість впровадження грецькими землеробами Північного Причорномор'я трипільної системи землеробства інформують чисельні літературні джерела (зокрема, Економічна історія..., 2011; Одрін, 2011; Одрін, 2016). У трипільній системі землеробства було наступне чергування сільськогосподарських культур – «озимі зернові» – «ярі зернові» – «чорний пар». У нашому випадку озимою культурою могла бути озима пшениця або озимий ячмінь, а ярою – ярий ячмінь, жито або просо (Одрін, 2011; Одрін, 2016). У дослідженнях істориків, археологів та палеоботаніків припускається можливість існування в хорі Ольвії безпарової плодозмінної системи землеробства, у якій були кормові трави (найімовірніше – це була віка сочевична (ервілія) або могар). Іншими можливими складником таких сівозмін міг бути або горох або кормові боби (Економічна історія..., 2011; Одрін, 2016). Якщо така система й існувала, то найімовірніше у римський період (I – III ст. н.е.), коли Ольвія знаходилась під сильним впливом Римської Імперії, де, як сказано вище, плодозмінна система мала широке поширення.

Скоріш за все, внесення органічних добрив було доречним тому, що, по-перше, в Ольвії тваринництво (велика рогата худоба, вівці, коні, свині) набуло не абиякого рівня розвитку, що пояснюється наявністю великих площ природних пасовищ на міжріччях та луків по долинах річок та подах, а також доведеними фактами щодо вирощування ольвіюполітами цінних фуражних сільськогосподарських культур (Одрін, 2016). По-друге, землеробська галузь ольвійської хори була адаптованим до місцевих умов практик Східного Середземномор'я щодо вирощування сільськогосподарських культур. Відомі праці видатного давньогрецького вченого Теофраста («Історія рослин», «Причини рослин»), у яких згадується використання органічних добрив. По-третє, жителі Ольвії тісно контактували зі скіфами-скотарями, які точно розуміли цінність гною для продуктивності пасовищ та, можливо, поділилися цими знаннями з осілими ольвійськими фермерами (Одрін, 2016).

Приблизну непряму кількісну оцінку впливу систем землеробства ольвіюполітів на ґрунти можна зробити, розрахувавши середньозважені

баланси гумусу, поживних речовин (азоту і фосфору), використовуючи методику, яку розробив ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» (Балок..., 2011).

Розрахунки свідчать про поблажливе використання ольвіюполітами ґрунтів землеробської зони, зокрема, застосування у різних варіантах перелогової системи землеробства призводило до загальних додатних балансів гумусу, азоту і фосфору. Тобто очевидна деградація ґрунтів при монокультурі озимої пшениці, яка проявлялась вже з третього року її беззмінного вирощування, в цілому було компенсовано майбутнім використанням цієї ділянки як багаторічного перелугу (таблиця).

Таблиця. Баланс гумусу, поживних речовин за різними системами землеробства стародавньої Ольвії.

Система землеробства	Сільськогосподарські культури, урожайності, т/га	Середньо зважений баланс за різних систем землеробства, за рік		
		Гумусу, т/га	Азоту, кг/га	Фосфору, кг/га
Перелогова	Переліг (5 років) - озима пшениця (≈1,0, 3 роки)	+0,2	+1,5	+0,8
	Переліг (10 років) - озима пшениця (≈1,0, 3 років)	+0,2	+5,5	+2,8
	Переліг (15 років) - озима пшениця (≈1,0, 3 років)	+0,3	+7,5	+3,6
	Переліг (15 років) - озима пшениця (≈1,0, 5 років)	+0,2	+5,0	+2,0
Двопільна	Чорний пар-озима пшениця (≈1,0)	-1,8	+14,5	-4,0
	Чорний пар - озима пшениця (≈1,0) + гній 10 т/га	+1,2	+39,5	+17,0
Трипільна	Чорний пар-озима пшениця (≈1,0) - яровий ячмінь (просо) (≈0,8)	-2,5	+3,4	-7,0
	Чорний пар - озима пшениця (≈1,0) - яровий ячмінь (просо) (≈0,8) + гній 10 т/га	-2,2	+20,1	+8,0

	Віка - сочевична (сіно ≈3,0) - озима пшениця (≈1,0) - горох (≈0,8) - ярий ячмінь (просо, могар) -(≈0,8)	-0,9	+16,6	-6,8
Плодозмінна	Віка - сочевична (сіно ≈3,0) - озима пшениця (≈1,0) - горох (≈0,8) - ярий ячмінь (просо, могар) -(≈0,8) + гній 10 т/га	-0,7	+12,5	-3,8

Скоріш за все, у базових системах землеробства в класичний та елліністичний періоди (в V – I ст. до н. е.) в хорі Ольвії були дво- та трипільні зернові сівозміни з чорними парами. Така практика хоч й призводила до помітної агрохімічної деградації ґрунтів, але при використанні гною баланси гумусу і поживних речовин в більшості випадків ставали додатними (таблиця). Слід зазначити, що головною причиною помірного дисбалансу поживних елементів у ґрунтах, був відносно невеликий винос цих речовин з продукцією з ґрунту, що пояснюється низькою врожайністю сільськогосподарських культур, яка згідно з оцінками (Крижицький, Щеглов, 1991) складала приблизно 25-30 % від сучасних врожайностей, які зараз отримуються при досить посередній агротехніці, зокрема, на погано удобрених агрохімічних фонах.

Приблизно така ж ситуація зі впливом на ґрунт гіпотетичної плодозмінної системи землеробства римського періоду існування Ольвії (I – III ст. н.е.), яка, скоріш за все, була пов'язана з появою в сівозмінах бобових культур (гороху та однорічних трав), які назагал позитивно впливають на властивості ґрунту, особливо на його азотний режим. Величини балансу гумусу, азоту та фосфору суттєво збільшувалися, якщо ольвіюполіти використовували в цих сівозмінах гній, а отже стан ґрунтів з агрохімічного погляду був близький до задовільного (таблиця).

Висновок. Землеробство хори Ольвії було, зважаючи на невелику кількість сільськогосподарських культур, їхню порівняно низьку урожайність, примітивний рівень агротехніки і організації території, мало певний «стихийний» ґрунтозахисний напрям, особливо на перших етапах використання земель, коли впроваджувались перелогові системи землеробства. Поблажливе відношення греків до ґрунтів пов'язано було не лише з мало інтенсивними системами землеробства, а й з особливим

типом світогляду та землеробських практик. Воно стимулювалось ймовірно дуже шанованим ставленням до богині землеробства, зерна, родючості ґрунту і шлюбу Деметри, яка була певним «куратором-дорадником» стародавніх греків-землеробів, і зображення якої навіть карбувалась на полісних монетах (Орлик, Демчук, 2023). Останній факт лише підкреслює важливість ґрунту для ольвіюполітів та непересічну роль землеробства в економіці Ольвії.

Список використаних джерел

1. Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків, 2011. 30 с.
2. Економічна історія України : Історико-економічне дослідження. Том 1. Т.А. Балабушевич, В. Д. Баран, В. К. Баран та ін. К. : Ніка-Центр, 2011. 696 с.
3. Крижицький С. Д., Щеглов О. М. Про зерновий потенціал античних держав Північного Причорномор'я. Археологія. 1991. № 1. С. 46–56.
4. Одрін О. Агротехніка ольвійського рільництва. До постановки проблеми. Емінак. 2016. № 4 (16). С. 148–154.
5. Одрін О. Зернове господарство Ольвійського поліса в VI – першій половині III ст. до н.е. Україна в Центрально-Східній Європі. 2011. Вип. 11. С. 47 – 71.
6. Одрін О. Тваринництво Ольвійського полісу кінця VI – першої половини III ст. до н.е.. Український історичний журнал. 2016. № 6. С. 49–66.
7. Орлик О. Ю., Демчук С. А. Культ Деметри у грецьких полісах Північного Причорномор'я. Стародавнє Причорномор'я. 2023. Випуск XIV. С. 207–213.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Підсекція:

➤ АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Олександр Трунов, Антон Савчук</i> Порівняльний аналіз моделей оцінки якості інтерфейсів автоматизованих систем	1
<i>Андрій Войтасик</i> Алгоритмічне забезпечення системи керування безекіпажним транспортним засобом	8
<i>Микола Сіделєв, Олександр Поздняков, Валерій Пуговкін</i> Системи відновлювальної енергетики з метою підвищення надійності та економічності роботи енергосистем	15
<i>Костянтин Друзенко, Олег Щесюк, Олег Прищепов</i> Автоматизація у зерновому виробництві	21
<i>Lysenkov E.A.</i> New multifunctional nanocomposite materials based on polylactide and aramid nanofibers	28

Підсекції:

➤ КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>Chuiiko G., Yaremchuk O., Bazhenov D.</i> Feature engineering and noise reduction for cardiovascular risk prediction in Weka	32
<i>Охотський В.В., Нікольський В.В.</i> IoT-система збору та візуалізації даних з датчиків на базі ESP з використанням протоколу MQTT	36
<i>Павленко Б.В., Нікольський В.В.</i> Комп'ютерно-інтегрована система поливу тепличного господарства	39
<i>Тенета Є.В., Ситніков В.С.</i> Нейронна компенсація інерційних коливань рівня пального з використанням LSTM і навчальних еталонів RAW → EXPECTED.....	42
<i>Афонін Ю.С., Савінов В.Ю.</i> Розподілена система гуманітарного розмінування з використанням глибокого навчання та комп'ютерного зору.....	45
<i>Гончаров Д.С., Кандиба І.О.</i> Аналіз даних сервісу Google Fit	49
<i>Гридінев А.Ю., Дарнапук Є.С.,</i> Концепт інформаційно-аналітичної системи для візуалізації даних медичних досліджень	52
<i>Гюльмамедов Н.М., Бурлаченко І.С.</i> Контролери PWM-сигналів для керування сервомоторами у мультиагентних роботизованих системах	56
<i>Доценко Д.В., Крайник Я.М.</i> Реалізація комбінованого методу стиснення проміжних кадрів відео у вебзастосунку	61
<i>Жуковський Д.С., Журавська І.М.</i> IoT-мережа із захистом на основі алгоритмів «легкої криптографії»	65
<i>Завгородній К.С., Дарнапук Є.С.</i> IoT-система збору та первинної обробки біомедичних показників пацієнтів на базі Raspberry PI та ESP32.....	67
<i>Кайданович М.В., Журавська І.М.</i> Емуляція та візуалізація IoT-даних у реальному часі з використанням протоколу WebSocket	70
<i>Мельников А.Г., Салтовський Б.Г.</i> Пристрій керування на основі датчика APDS-9960	73
<i>Невідомий Д. О., Пузирьов С. В.</i> Система об'єднання відеопотоків у реальному часі на базі Raspberry PI	77

Старченко В. В. Генерація фрактальних зображень з заданими просторово частотними властивостями для тестування пристроїв двовимірного відображення інформації	81
Тогосов О. Р. Перетворення Bluetooth-пристрою на Apple AirTag без привілеїв root.....	86
Хавич О. С., Бурлаченко І. С. Керування 2-DOF механізмами на основі мультиагентного підходу.....	89
Хомюк А. Ю., Пузирьов С. В. Система розпізнавання емоційного стану людини на базі Raspberry Pi, OpenCV та YOLOv8	94
Худолій Є. П. Аналіз безпекових ризиків, що виникають внаслідок фрагментації політик доступу в багатохмарних середовищах	98
Цалапов А. В., Пузирьов С. В. Система відеоспостереження на базі OpenCV та Raspberry Pi.....	102
Чередниченко Д. О., Дарнапук Є. С. IoT-система збору та аналізу біометричних даних для оцінки рівня стресу.....	106
Чернявський Р. А., Крайник Я. М. Схрещування моделей штучного інтелекту: перспективи створення комбінованих систем нового покоління	110
Чуйко Г. П. Визначення квантової критичності в шумовому каналі з перевертанням фази в рамках символічного моделювання та формалізму Крауса	113
Шевченко В. В., Дарнапук Є. С. Розподілена система обміну DICOM-зображеннями з безвтратним стисненням з використанням одноплатних комп'ютерів.....	117
Яковішин А. Я., Савінов В. Ю. Проблеми комп'ютерного зору на основі нейронних мереж.....	122
Парфьонов І. М., Савінов В. Ю. Концепт інформаційно-аналітичної системи для візуалізації даних з відкритих джерел.....	126
Купріянов О.М. Покращення моделей та методів реплікації у розподілених мікросервісних системах	129
Роботко С.П. Виявлення вибухонебезпечних предметів за допомогою БПЛА та візуально-мовних моделей.....	132

Підсекція:

➤ МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

<i>Антіпова К. О.</i> Розпізнавання контенту, згенерованого авторегресійними та мультимодальними моделями	138
<i>Безрядіна С. Є., Боровльова С. Ю.</i> SaaS-платформа для притулку та готелю для тварин.....	143
<i>Бондаренко С. В., Ковшун Л. Д.</i> Інформаційна система управління, інтегрована у вебзастосунок мережі салону краси	145
<i>Бондаренко С. В., Ковальчук М. В.</i> Тестування та забезпечення якості в логістичних інформаційних системах.....	150
<i>Вайсов М. В., Боровльова С. Ю.</i> Використання фреймворків Langchain ТА Langgraph для створення багатоагентного робочого процесу обробки файлів.....	154
<i>Даниленко М.В., Давиденко Є.О.</i> Аналіз успішності здобувачів освіти та формування персоналізованих рекомендацій для визначення індивідуального навчального вектора	158
<i>Дзина В. Ю., Давиденко Є.О.</i> Застосунок інтернет-магазину меблів з функцією прогнозування цін	160
<i>Дзундза Д. М., Фісун М. Т.</i> Дослідження цін на біржі засобами штучного інтелекту	163
<i>Кірей К. О.</i> Перспективні напрями використання великих наборів даних для аналізу навчального процесу в закладах вищої освіти	167
<i>Колесніков М. О., Горбань Г. В.</i> Об'єднання CNN та Transformer для аналізу медіаконтенту створеного з використанням штучного інтелекту	173
<i>Кубицький М. С., Горбань Г. В.</i> Аналіз ефективності використання методів машинного навчання у створенні штучного інтелекту для ігрового застосунку	176
<i>Обухова. К. О., Шмалько Б. І.</i> Assimilate: нове покоління сервісів для роботи з шейдерами та 3D-моделями	179
<i>Раленко В. С., Стоєв Є. Д.</i> Генерація шаблонів з використанням Firebase Studio	182
<i>Решетнік Ю. В., Козут І. І.</i> Інтегрований вебпортал для школи	186

Руденко Ж.М., Давиденко Є.О. Інтелектуальна система раннього виявлення ризику діабету	188
Садовський О. О., Кандиба І. О. Інструментарій розробки бота для Discord	192
Somriakov B. O., Borovlyova S. Yu. Preference function models for comparative analysis of decisions in areas of uncertainty	195
Somriakov B. O., Ralenko V. S. Geometric perspectives on word embeddings and semantic similarity: implementation and analysis	199
Стоєв Є. Д., Раленко В. С. Розробка програмного забезпечення для медіа-дистрибуції в локальних мережах: broadcast-підхід	203
Тебенко А.В., Давиденко Є. О. Розробка застосунку стоматологічної клініки з функцією прогнозування відвідування пацієнтів	206
Фаленкова М. В., Неділько В. В. Штучний інтелект у системах рекомендації та модерації музичного контенту	209
Фрич Д. О., Давиденко Є. О. Автоматизоване створення протоколів зустрічей на основі аудіозаписів	213
Целищева І. С., Швед А. В. Інтелектуальна система прогнозування врожайності культур	216
Шерстюк О. А., Садова А. В., Давиденко Є. О. Алгоритми машинного навчання в ігрових рушіях	219
Шумакова О. К., Бондаренко С. В. Платформна модель-конвергентного навчання	224
Юхненко В. С., Давиденко Є. О. Аналіз маніпулятивності новин із використанням алгоритмів машинного навчання	228
Мирошниченко А.А., Шаріпова І.В. Шейдери як основа програмованого графічного конвеєра у комп'ютерної графіці	231
Супрун М.В., Міхєєв І.А. Проблеми та інноваційні підходи до виявлення вразливостей у docker-образах: аналіз сучасних інструментів та розробка нових рішень	235

Підсекція:

➤ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<i>Болюбаш Н. М., Мурзакой Д. В.</i> Діагностика хвороб сільськогосподарських культур на основі механізму самоуваги моделей Mission transformers.....	239
<i>Брагінець О. В.</i> Графічне моделювання рядів Фур'є: дослідження наближення функцій засобами візуалізації.....	243
<i>Гожий В. О., Шавріна І. О., Калініна І.О.</i> Тестування програмного забезпечення з використанням інструментів штучного інтелекту.....	247
<i>Димо В.В., Гожий О. П.</i> Застосування методів ХАІ у задачах розпізнавання.....	253
<i>Калініна І.О., Гожий В.О.</i> Особливості процесу управління ризиками в ІТ-проектах.....	256
<i>Калініна І. О., Гожий В. О., Шиян С. І.</i> Інтелектуальна система прогнозування цін на нерухомість на основі ансамблевих методів машинного навчання.....	263
<i>Ковалів О. П., Кондратенко Г. В., Сіденко Є. В.</i> Оптимізація прогнозування нейронних мереж за допомогою екзогенних змінних.....	270
<i>Кулаковська І. В.</i> Інтелектуальна система планування в системах персонального тайм-менеджменту за допомогою матроїда.....	273
<i>Салютін М. О., Кондратенко Ю. П., Сіденко Є. В.</i> Використання комп'ютерного зору для керування інтерактивним застосунком на платформі Unity за допомогою жестів.....	276
<i>Смоленський М. М., Сіденко Є. В.</i> Архітектура та інформаційна модель серверної системи ідентифікації пацієнтів на основі RFID-технологій.....	280
<i>Сова І. М., Козлов О. В.</i> Виявлення наявності сигналу в радіоспектрі: класичні методи, вейвлети та перспективи розвитку.....	284
<i>Трофименко Я. О., Кондратенко Ю. П., Сіденко Є. В.</i> Система класифікації захворювань дихальних шляхів на основі рентгенівських знімків.....	287
<i>Топалов А.М.,</i> Інформаційні потоки в контексті сучасної портової інфраструктури.....	291

Підсекція:

➤ ГЕОДЕЗІЯ

<i>Горгоц А. О.</i> Основні напрямки покращення системи управління землекористуванням.....	295
<i>Лазарєва О. В.</i> Забезпечення збалансованого землекористування у повоєнний період.....	298
<i>Лазарєва О. В., Стерлев Є. О.</i> Аспекти впровадження зеленого туризму у післявоєнний період	301
<i>Мась А. Ю.,</i> Розвиток заповідних територій Миколаївської області під час воєнного стану.....	304
<i>Перович Л. М.</i> До питання оцінки освітньо-професійної програми підготовки фахівців за спеціальністю «Геодезія та землеустрій».....	307
<i>Перович Л. Л., Коношенко М. О.</i> Масова оцінка земель як інструмент удосконалення земельних відносин	309
<i>Руда А. С.</i> Морське просторове планування та кадастр: імплементація досвіду Ізраїлю в Україну	312
<i>Сандольська О. Є.</i> Можливі напрямки ревіталізації землекористувань у повоєнний період.....	317
<i>Стерлев Д. В.</i> Особливості застосування сучасних засобів отримання геодезичної інформації для землепорядкування.....	323
<i>Ступень Р. М., Куліковська О. Є.</i> Геодинамічні передумови розвитку провалів і зсувів у межах підземних розробок Криворізького басейну.....	326
<i>Чорний С. Г.</i> Оцінка впливу систем землеробства стародавньої Ольвії на ґрунти	327

Друкується в авторській редакції
Друк С. Волинець. Фальцювальні-палітурні роботи О. Мішалкіна.

Підп. до друку 28.11.2025.
Формат 60 × 841/8. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 18,8. Обл.-вид. арк. 15,3.
Тираж 10 пр. Зам. № 7145.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81,
e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2020.