СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

Матеріали

VIII Всеукраїнської

науково-практичної інтернет-конференції

студентів, аспірантів та молодих вчених

за тематикою:

«Сучасні комп`ютерні системи та мережі в управлінні»

24 листопада 2025 р.

Хмельницький

Міністерство освіти і науки України
Херсонський національний технічний університет
Вінницький національний технічний університет
Криворізький національний університет
Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського
Хмельницький національний університет
Львівський національний університет
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

Матеріали

VIII Всеукраїнської

науково-практичної інтернет-конференції

молодих вчених та студентів

«Сучасні інформаційні системи та технології»

за тематикою:

«Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»

24 листопада 2025 року
Хмельницький

УДК 330.111.66:005.8
С 91

С 91 **Сучасні комп'ютерні системи та технології**: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» (24 листопада 2025 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. А. А. Григорової. – Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2025. – 229 с.

ISBN 978-617-8187-62-0 (електронне видання)
https://doi.org/10.5281/zenodo.17711825

Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(протокол №3 від 27.11.2025 р.)

Доповіді наукової конференції містять результати наступних досліджень: сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій; впровадження інновацій та сучасних технологій; моделювання та оптимізація систем управління; інформаційні технології в науці, освіті, економіці, логістиці, туристичній сфері, транспорті; новітні технології в енергетичних системах та в галузі енергозбереження.

Роботи друкуються в авторській редакції, в збірці максимально зменшено втручання в обсяг та структуру відібраних до друку матеріалів. Редакційна колегія не несе відповідальність за достовірність статистичної та іншої інформації, що надано в рукописах, та залишає за собою право не розподіляти поглядів деяких авторів на ті чи інші питання.

Збірник становить інтерес для студентів, аспірантів, викладачів та наукових працівників.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

УДК 330.111.66:005.8

ISBN 978–617–8187–62–0 (електронне видання)

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 004.942+004.5

Білецький Ю. О.,
аспірант кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах

Кудряшова А. В.,
д. т. н., доц.,
доцент кафедри систем віртуальної реальності

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПРОТОТИПУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Постановка проблеми

Мобільні застосунки стали невід'ємною частиною цифрової екосистеми сучасної людини. Високий рівень конкуренції у сфері розроблення вимагає швидкої перевірки концепцій, гнучкого тестування інтерфейсів і оптимізації користувацького досвіду. Прототипування є одним з первинних етапів життєвого циклу створення застосунку. Однак, традиційні підходи, засновані на статичних макетах і послідовних етапах узгодження, уже не відповідають вимогам сучасного процесу розроблення. Потреба у швидких і гнучких рішеннях зумовила появу нових інструментів і методів, що визначають тенденції розвитку прототипування мобільних інтерфейсів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасних наукових працях простежується активне дослідження процесів проєктування користувацьких інтерфейсів і прототипування. Дослідники зосереджують увагу на оптимізації UX-дизайну, перевірці гіпотез і підвищення якості сприйняття продукту користувачами [1, 2]. Наприклад, у [3] особливу увагу приділено інтеграції штучного інтелекту у процес створення прототипів. Продемонстровано, що алгоритми штучного інтелекту здатні автоматично генерувати компоненти інтерфейсу, пропонувати колірні схеми та моделювати сценарії взаємодії користувача. Крім того, у наукових публікаціях [4, 5] підкреслюється важливість спільної роботи дизайнерів, розробників і аналітиків. Це сприяє скороченню часу між створенням прототипу і впровадженням готового рішення.

Постановка задачі

Основною задачею даної роботи є узагальнення сучасних тенденцій у сфері прототипування мобільних застосунків та визначення напрямів їх подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу

Прототипування мобільних застосунків є важливим інструментом оптимізації процесу проєктування користувацьких інтерфейсів. Воно дає змогу перевірити концепцію, визначити слабкі місця навігації, оцінити інтуїтивність взаємодії та своєчасно скоригувати UX-рішення ще до етапу програмної реалізації.

Зміни в підходах до створення прототипів зумовлені зростанням вимог до якості користувацького досвіду та поширенням методологій гнучкої розробки. Саме завдяки інтерактивному прототипуванню команди можуть візуалізувати ідеї, швидко оцінювати гіпотези та приймати рішення [4, 5].

Сучасні інструменти прототипування демонструють тенденцію до універсалізації функцій. У межах одного середовища поєднано засоби графічного дизайну, створення анімацій, тестування сценаріїв і командної співпраці. Наприклад, у Figma або Adobe XD можна не лише формувати інтерфейс, але й організовувати спільну роботу кількох учасників проєкту з миттєвою синхронізацією змін. Це дає змогу уникнути розбіжностей між візуальною моделлю та технічною реалізацією, скорочує кількість ітерацій погодження між командами.

Поширеним стає використання інтерактивних прототипів із детальною поведінковою логікою. На відміну від статичних макетів, вони імітують рух елементів, відгуки на дії користувача,

анімації переходів і зміну станів. Такі моделі дають можливість на ранніх етапах визначити недоліки в структурі або логіці взаємодії, протестувати зручність інтерфейсу й уточнити деталі.

Важливою тенденцією є поява систем, що підтримують інтеграцію штучного інтелекту. Алгоритми машинного навчання використовуються для автоматичного створення шаблонів інтерфейсів на основі опису завдання природною мовою, добору колірних рішень відповідно до контексту, прогнозування дій користувача та навіть оцінки емоційного сприйняття макету. Такі функції вже реалізовано у Framer AI, Uizard та Galileo AI. Дизайнер стає модератором, який формує вхідні параметри й коригує результати, запропоновані штучним інтелектом [3].

Значний вплив на розвиток прототипування здійснює тенденція до мультиплатформності. Якщо раніше створення інтерфейсів орієнтувалося на конкретну операційну систему, то сьогодні домінує концепція єдиного дизайну, який адаптується під різні пристрої. Це обумовлює формування адаптивних макетів, що зберігають цілісність візуальної структури незалежно від розмірів екрана.

В останні роки також активно розвиваються інструменти віддаленого тестування прототипів. Вони дозволяють спостерігати за діями користувача в режимі реального часу, фіксувати тривалість виконання завдань, точки уваги, помилки або непередбачувані реакції. Таке тестування дає змогу формувати аналітичні звіти про зручність інтерфейсу. Отримані дані використовуються для покращення дизайну та підвищення рівня задоволеності користувачів.

Слід також відзначити розвиток інструментів для створення прототипів у тривимірному середовищі. З поширенням AR- і VR-технологій з’являється потреба у нових засобах візуалізації взаємодії користувача з просторовими елементами. Прототипування для доповненої та віртуальної реальності передбачає моделювання жестів, рухів і просторових переходів [6].

Сучасне прототипування виходить за межі традиційного розуміння макетування інтерфейсів. Воно стає міждисциплінарною практикою, яка поєднує принципи UX-дизайну, когнітивної психології, програмної інженерії та аналітики даних.

Висновки

Прототипування мобільних застосунків є динамічною галуззю, що поєднує методи дизайну, моделювання та аналітики користувацького досвіду. Сучасні тенденції свідчать про перехід до інтелектуальних систем, орієнтованих на інтерактивність, автоматизацію та колаборацію. Подальший розвиток цієї сфери пов’язаний із розширенням можливостей штучного інтелекту та створенням єдиних платформ для спільного UX-проєктування.

Перелік джерел посилання

1. Lu G., Qu S., Chen Y. Understanding user experience for mobile applications: a systematic literature review. Discover Applied Sciences, 2025, 7(6), 587.

2. Huang Z., Benyoucef M. A systematic literature review of mobile application usability: addressing the design perspective. Universal Access in the Information Society, 2023, 22(3), 715–735.

3. Namoun A., Alrehaili A., Nisa Z. U., Almoamari H., Tufail A. Predicting the usability of mobile applications using AI tools: the rise of large user interface models, opportunities, and challenges. Procedia Computer Science, 2024, 238, 671–682.

4. Yu R., Gu N., Masoumzadeh S. Exploring the impact of digital technologies on team collaborative design. Buildings, 2024, 14(10): 3263.

5. Feng K. K., Zhang A. From handoffs to co-creation: deepening collaboration between designers, developers, and data science workers in UX design. InContext: Futuring User-Experience Design Tools Workshop at CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2022, 1–7.

6. Kudriashova A., Pikh I., Senkivskyy V., Merenych Y. Evaluation of prototyping methods for interactive virtual systems based on fuzzy preference relation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2024, 5(4 (131), 71–81.

УДК 004.75+004.72

Ващенко А. В.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Козел В. М.,
к.т.н, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖЕВОЇ OVERLAY-ВІРТУАЛІЗАЦІЇ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

У сучасних центрах обробки даних мережеві технології відіграють ключову роль у забезпеченні масштабованості, гнучкості та високої продуктивності віртуалізованого середовища. Зі зростанням кількості віртуальних машин і контейнеризованих сервісів класичні мережеві рішення втрачають ефективність, що зумовлює необхідність використання протоколів мережевої віртуалізації, таких як VXLAN, NVGRE та Geneve[1]. Попри активне впровадження цих протоколів у промислових рішеннях, відмінності в їхній продуктивності, масштабованості та сумісності залишаються актуальним питанням для інженерів і архітекторів мереж. Тому виникає потреба у систематизованому аналізі поточного стану технологій мережевої віртуалізації з урахуванням останніх тенденцій розвитку програмно-визначених мереж і апаратних засобів прискорення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У процесі роботи було проаналізовано наукові публікації, технічні звіти та матеріали провідних виробників мережевого обладнання, що стосуються технологій мережевої віртуалізації. Основна увага приділялася дослідженням, у яких порівнюються протоколи VXLAN, NVGRE та Geneve. Додатково проаналізовано документацію компаній Red Hat, NVIDIA (Mellanox) та Intel, у яких описуються практичні аспекти використання апаратного offload для VXLAN і Geneve.

Постановка задачі

Метою дослідження є відображення актуального стану розвитку протоколів мережевої віртуалізації та визначення їх придатності для використання в сучасних ЦОД. Для досягнення цієї мети необхідно узагальнити існуючі результати випробувань продуктивності протоколів VXLAN, NVGRE та Geneve, проаналізувати їх особливості з погляду архітектури, сумісності з апаратними offload-механізмами та впливу на навантаження процесора. Отримані висновки дозволяють попередньо обґрунтувати вибір протоколу для впровадження у високопродуктивних середовищах.

Виклад основного матеріалу

Архітектура NVGRE базується на інкапсуляції пакетів Ethernet у форматі GRE із додатковим тегом, що позначає ідентифікатор віртуальної мережі. Інкапсуляція здійснюється на рівні гіпервізора, який формує заголовок GRE із зазначенням Virtual Subnet ID. Механізм підтримує мультипроточну обробку трафіку та інтеграцію з механізмами керування мережевими потоками на рівні серверних комутаторів.[2] Переваги NVGRE полягають у простоті інкапсуляції та сумісності з існуючими протоколами маршрутизації, що дозволяє інтегрувати віртуальні сегменти у стандартну IP-інфраструктуру без значних модифікацій. До недоліків належить відсутність широкої підтримки апаратного offload в багатьох сучасних мережевих адаптерах, а також обмеження масштабованості через фіксовану довжину GRE-заголовка та складність інтеграції з багатопоточними обчислювальними середовищами.

Архітектура VXLAN передбачає інкапсуляцію Ethernet-кадрів у UDP-пакети з 24-бітовим ідентифікатором віртуальної мережі.[3] Трафік передається через IP-мережу із використанням протоколів мультикаст або контрольних повідомлень для навчання таблиць MAC. Основна перевага полягає в підтримці великого числа ізольованих сегментів і можливості масштабування в дата-центрах за рахунок розподіленого управління MAC-таблицями.[4] Недоліки включають високі

вимоги до процесорної обробки при інкапсуляції великих обсягів трафіку та складність апаратного offload без підтримки спеціалізованих контролерів, що ускладнює оптимізацію затримок при високих навантаженнях.

Архітектура Geneve передбачає гнучку інкапсуляцію Ethernet-кадрів у UDP-пакети з можливістю додавання довільних TLV-полів для передачі метаданих. [5] Ця структура дозволяє інтегрувати нові функціональні блоки, такі як системи моніторингу, без зміни базового протоколу. Переваги полягають у гнучкості формату та здатності підтримувати складні сценарії віртуалізації з різними типами метаданих. Недоліки пов’язані з ускладненням апаратного offload через динамічну структуру TLV, що ускладнює програмування парсерів, проте використання BlueField 3 з програмованим парсером усуває цю проблему, дозволяючи обробляти нестандартні пакети на рівні мережевого адаптера без залучення CPU.[6]

NVGRE характеризується простішою структурою заголовка і обмеженими можливостями масштабування, VXLAN забезпечує велику кількість віртуальних сегментів і просту інтеграцію з IP-мережами, тоді як Geneve пропонує гнучкість метаданих та потенціал для складних сценаріїв, хоча вимагає програмованого парсера для offload або більших обчислювальних ресурсів. Впровадження Geneve на сучасних платформах з підтримкою програмованих контролерів знижує навантаження на CPU, але загалом реалізація offload залишається технічно складнішою, ніж у [7]

Для визначення кращого протоколу використовувався метод аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій (AHP) дозволяє формалізувати процес вибору найкращої альтернативи шляхом порівняння критеріїв у парних комбінаціях та подальшого розрахунку ваг.

За методом AHP було побудовано матрицю парних порівнянь критеріїв, яку відображено у таблиці 1.

Таблиця 1

Матриця парних порівнянь критеріїв

	Масштабованість	Розширюваність	SDN	Продуктивність
Масштабованість	1	3	3	3
Розширюваність	1/3	1	2	2
SDN	1/3	1/2	1	2
Продуктивність	1/3	1/2	1/2	1

Після нормалізації головного власного вектора матриці парних порівнянь отримано ваги критеріїв: масштабованість ≈ 0.4901, розширюваність ≈ 0.2310, підтримка SDN ≈ 0.1634, продуктивність ≈ 0.1155. Індекс узгодженості CI ≈ 0.0404, коефіцієнт узгодженості CR ≈ 0.045 (<0.10), отже матриця є прийнятною.

Було проведено оцінку альтернатив за критеріями, результати якої відображено у таблиці 2. Оцінювання альтернатив здійснювалося автором на основі аналізу наукових публікацій та технічної документації

Таблиця 2

Оцінка альтернатив за критеріями

Критерій	VXLAN	NVGRE	Geneve
Масштабованість	8	7	9
Розширюваність	7	6	9
Підтримка SDN	7	6	9
Продуктивність	8	7	8

Розрахунок зважених балів проводився за формулою 1.

$$\text{Зважений бал} = \sum(\text{вага критерію} \times \text{оцінка альтернативи})$$

Було отримано зважені бали за результатами оцінок: VXLAN ≈ 7.61, NVGRE ≈ 6.61, Geneve ≈ 8.88.

Висновки:

У межах роботи було проведено теоретичне дослідження сучасних технологій мережевої віртуалізації — VXLAN, NVGRE та Geneve — із порівнянням їх архітектурних особливостей, масштабованості, розширюваності, підтримки SDN та сумісності з апаратним offload. На основі методу аналізу ієрархій отримано зважену оцінку, згідно з якою найбільш перспективним виглядає протокол Geneve завдяки гнучкості структури заголовка та відповідності вимогам сучасних віртуалізованих інфраструктур. Разом із тим результати дослідження є теоретичними й повинні розглядатися як орієнтир для інженерів і архітекторів мереж при виборі технології під конкретні сценарії, а не як універсальний висновок на користь одного рішення. Представлений аналіз може слугувати основою для подальших експериментальних досліджень і практичних оцінок продуктивності у реальних середовищах.

Перелік джерел посилання

1. Komolafe O. IP multicast in virtualized data centers: Challenges and opportunities // 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM). — Lisbon, Portugal, 2017. — С. 407–413.
2. Spiekermann D., Keller J. Encapcap: Transforming Network Traces to Virtual Networks // 2021 IEEE 7th International Conference on Network Softwarization (NetSoft). — Tokyo, Japan, 2021. — С. 437–442.
3. Rădoi A.-E., Rincu C.-I. Integration of Data Center Network Technologies VxLAN, BGP, EVPN // 2022 14th International Conference on Communications (COMM). — Bucharest, Romania, 2022. — С. 1–5.
4. Efendi A., Husna D., Nugraha I. G. D. Advancing Network Infrastructure: Integrating VXLAN Technology with Automated Circuit Operations and NOS Configurations // International Journal of Electrical, Computer, and Biomedical Engineering. — 2023. — Т. 1, № 2. — С. 103–124.
5. Mohan S. Tunnel Endpoints // NSX-T Logical Routing / S. Mohan. — Berkeley, CA: Apress, 2022.
6. NVIDIA. DOCA Documentation v3.1.0 Core Update. — URL: https://docs.nvidia.com/doca-documentation-3-1-0-core-update.pdf (дата звернення: 15.11.2025).
7. Data Plane Development Kit (DPDK): A Software Optimization Guide to the User Space-Based Network Applications / ред. H. Zhu. — 1-ше вид. — Boca Raton: CRC Press, 2020.

УДК 004.4

Волощук Д. О.,
студентка 3 курсу

Бабюк Н. П.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмного забезпечення

АНАЛІЗ ШАБЛОНІВ РОЗГОРТАННЯ ПЗ

Вінницький національний технічний університет;

Постановка проблеми

У сучасних умовах програмні системи розгортаються у різних середовищах від локальних серверів до хмарних платформ. Розробники повинні забезпечити стабільне та безпечне розгортання застосунків, незалежно від масштабу та складності системи. Проблеми пов’язані з сумісністю, безперервністю роботи сервісів та можливістю швидкого відкату у разі помилок, створили різноманітні шаблони розгортання. Саме тому проблема вибору оптимального шаблону розгортання ПЗ є актуальною для сучасних розробок.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У наукових та технічних джерелах значну увагу приділено методам безперервної доставки програмного забезпечення, зокрема CI/CD-процесам, контейнеризації та стратегіям поетапного введення нових версій. У роботах [1–3] детально розглядаються такі шаблони, як Blue/Green Deployment, Canary Deployment, Rolling Updates та Feature Flags, їхня ефективність, ризики та сфери застосування. Також акцентується важливість автоматизованого тестування та моніторингу, які дозволяють значно знизити ймовірність збоїв під час розгортання нових версій програмних систем.

Постановка задачі

Метою даної роботи є проведення ґрунтовного аналізу основних шаблонів розгортання програмного забезпечення, визначення їхніх переваг, недоліків і можливих сценаріїв використання. Також передбачається дослідити, як різні стратегії розгортання впливають на стабільність роботи системи, її масштабованість.

Виклад основного матеріалу

- Feature Flags. Прапорці або перемикачі функцій вмикають або вимикають деякі функції в коді без розгортання нового коду. Це форма оператора if, яка перевіряє, чи ввімкнено цю функцію. Вони дозволяють нам поступово розгортати новий функціонал для користувачів і дозволяють розробникам працювати над короткочасними гілками. Приклад прапорцю функції if (featureFlags.IsEnabled("show-this-touser", ourUser)) { // this should be shown to the user } Тут варто пам'ятати про видалення прапорців функцій після запуску.
- Blue/Green Deployments. Такий тип використовується для розгортання нової версії програми в одному середовищі, але не в іншому, де певна підгрупа користувачів може її протестувати. Для реалізації Blue/Green розгортань можна використовувати балансувальники навантаження для перемикання між цими середовищами. Після тестування є можливість перенаправлення всіх користувачів лише в одне середовище.
- Use Permission Systems. Цей варіант передбачає вибір однієї групи користувачів з доступом до нової функції для її тестування, призначивши дозвіл. Після успішного завершення тестування всі користувачі отримують доступ до цієї функції. Для увімкнення безперервного розгортання, потрібно значною мірою покладатися на добре розроблену автоматизацію тестування, яка дозволяє бути впевненим, що розгорнутий код працює правильно. Деякі популярні інструменти CI/CD - це Jenkins, Azure DevOps, CircleCI, GitLab тощо. [1]
- Canary Deployment. Це варіант мікросервісів, який отримує невеликий відсоток трафіку. Це включає випуск мікросервісу з новою версією лише для невеликого відсотка навантаження та перевірку його роботи належним чином. У міру проходження ретельного тестування мікросервіс

поступово стикається зі збільшенням робочого навантаження. Якщо Canary-версії функціонують неправильно, трафік може бути перенаправлено на стабільну версію, поки проблема досліджується та налагоджується. Відкат Canary-версій – це процес регулярного відкату мікросервісів. Стратегія розгортання канарейкового типу випускає лише один мікросервіс за раз. Мікросервіси з вищою критичністю та пов'язаними з ними ризиками можуть бути доступні раніше за інші. [2]

- Rolling deployments. Поступове розгортання – це стратегія розгортання, яка поступово замінює попередні версії програми новими версіями програми шляхом повної заміни інфраструктури, на якій працює програма. Наприклад, під час поступового розгортання в Amazon ECS контейнери, що запускають попередні версії програми, будуть замінюватися один за одним контейнерами, що запускають нові версії програми. Поступове розгортання зазвичай швидше, ніж Blue/Green розгортання; однак, на відміну від Blue/Green розгортання, у поступовому розгортанні немає ізоляції середовища між старою та новою версіями програми. Це дозволяє поступовим розгортанням виконуватися швидше, але також збільшує ризики та ускладнює процес відкату, якщо розгортання завершиться невдало. [3]

Порівняльний аналіз шаблонів розгортання ПЗ представлено у табл. 1.1

Таблиця 1.1

Порівняння шаблонів розгортання ПЗ

Шаблон	Рівень ризику	Швидкість розгортання	Відкат	Вплив на користувачів	Складність впровадження	Типові сценарії
Feature Flags	Низький	Миттєво	Дуже простий (вимкнути прапорець)	Локальний, мінімальний	Середня (потрібна система фіч-флагів)	Плавний запуск функцій, A/B тестування
Blue/Green Deployment	Дуже низький	Швидкий	Ідеальний — просто повернути трафік	Мінімальний, користувачі не бачать змін	Висока (потрібні 2 оточення)	Критичні системи, де важлива стабільність
Permission Systems	Низький	Швидко	Простий (забрати permission)	Мінімальний, обмежено тестовій групі	Низька	Закрите бета-тестування, поступовий доступ
CI/CD + automated tests	Залежить від якості тестів	Висока автоматизація → швидко	Автоматичний, залежить від конфігурації	Немає прямого впливу	Середня/висока	Автоматизовані пайплайни, великі команди
Canary Deployment	Дуже низький	Повільніше, бо поетапно	Простий (переключити трафік назад)	Легкий — впливає на малу частину користувачів	Висока (потрібен трафік-контроль)	Мікросервіси, high-load системи
Rolling Deployment	Середній	Швидше за Blue/Green	Складніший відкат	Невеликий	Середня	клауд-сервіси (ECS, K8s)

Висновки

Проведено аналіз основних шаблонів розгортання програмного забезпечення, зокрема Feature Flags, Blue/Green Deployment, Permission Systems, Canary Deployment та Rolling Deployment. Розглянуто принципи їх роботи, особливості застосування та вплив на процес оновлення систем. Визначено ключові переваги й обмеження кожного підходу, а також їх придатність для різних типів проєктів та інфраструктур. Отримані результати дозволяють обрати оптимальну стратегію розгортання залежно від вимог до стабільності, швидкості оновлення та рівня ризику.

Перелік джерел посилання

1. Інсталяція програмного забезпечення) – URL: https://newsletter.techworld-with-milan.com/p/what-are-deployment-patterns (дата звернення 20.11.2025)

2. Windows Installer (MSI) – URL: https://www.opslevel.com/resources/4-microservice-deployment-patterns-that-improve-availability (дата звернення 20.11.2025)
3. Inno Setup – URL: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/overview-deployment-options/rolling-deployments.html (дата звернення 20.11.2025)

УДК 004.588

Годлевський О. О., Фант М. О.

ПОРІВНЯННЯ АРХІТЕКТУР ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ПАТАЛОГІЙ НА РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ГРУДНОЇ КЛІТИНИ

Державний університет «Житомирська політехніка» (Україна)

Автоматизована діагностика медичних зображень є критично важливою задачею сучасної охорони здоров'я. Понад 90% медичних даних становлять зображення, проте лише 3% аналізується через брак кваліфікованих радіологів [1]. Рентгенографія грудної клітки залишається найпоширенішим методом променевої діагностики у світі. Сучасні AI-системи вже досягають точності досвідчених лікарів: JLK Stroke Detection показує 98.7% чутливості при виявленні крововиливів, а платформа Oxipit автономно аналізує рентгени на 75 патологій [7, 10]. Розглянуто чотири категорії архітектур нейронних мереж: класичні CNN (ResNet-50, EfficientNet-B0), Vision Transformers (ViT, Swin), гібридні моделі (UnetTransCNN) та foundation models (MedSAM, MedCLIP). Проведено їх аналіз з огляду на точність класифікації торакальних патологій, обчислювальну ефективність та практичну застосовність. Найбільш збалансованим рішенням для клінічного впровадження виявляється поєднання EfficientNet-B0 для ресурсо-обмежених умов та ResNet-50 для максимальної точності, оскільки кожен демонструє оптимальні результати у своєму сценарії застосування.

Нейронна мережа ResNet-50 є однією з найнадійніших архітектур для класифікації медичних зображень. Вона базується на концепції залишкових з'єднань (residual connections), які дозволяють навчати дуже глибокі мережі без проблеми зникаючого градієнта [6]. Це дає можливість моделі вивчати складні ієрархічні ознаки патологій на різних рівнях абстракції. За рахунок цього ResNet-50 демонструє виняткову стабільність навчання та узагальнюваність. Експерименти на великих датасетах рентгенів грудної клітки показують, що ResNet-50 досягає 98.37% точності класифікації патологій [7]. Крім високої точності, ResNet-50 має розумну обчислювальну складність з 25.6 млн параметрів та часом інференсу 50-70 мс на зображення [9]. У порівнянні з іншими CNN-архітектурами, ResNet-50 стабільно показує найвищу точність на стандартних бенчмарках CheXpert та MIMIC-CXR. У контрольованих умовах з великими обсягами тренувальних даних ResNet-50 забезпечує найвищу точність розпізнавання патологій. Водночас за обмежених обчислювальних ресурсів існують більш ефективні альтернативи, але для задач, де критична максимальна точність, ResNet-50 залишається еталонним рішенням.

EfficientNet-B0 сучасна CNN-архітектура з комплексним масштабуванням глибини, ширини та роздільної здатності. Автори пропонують метод compound scaling для оптимального балансу між точністю та обчислювальною ефективністю [8]. У результаті EfficientNet-B0 досягає видатного показника 22.01 точності на мільйон параметрів — у 6 разів краще за ResNet-50. Модель показує 88.05% точності на рентгенах грудної клітки, використовуючи лише 5.3 млн параметрів та тренуючись всього 4 хвилини на стандартних конфігураціях [9]. Таким чином EfficientNet-B0 забезпечує оптимальне співвідношення точності й ресурсних вимог для практичного впровадження. Цей підхід особливо ефективний для клінік з обмеженими обчислювальними потужностями, де потрібна швидка діагностика без використання дорогих GPU. EfficientNet-B0 є у відкритому доступі та широко застосовується у медичних системах реального часу через легку інтеграцію і високу ефективність.

Vision Transformers архітектура, запозичена з обробки природної мови, яка замінює згортки механізмом само-уваги (self-attention). Така структура здатна аналізувати глобальні залежності в

зображенні, враховуючи контекст між віддаленими ділянками [1]. У контексті медичної діагностики це корисно для виявлення складних патологічних паттернів: модель може "бачити" взаємозв'язки між різними анатомічними структурами одночасно. В задачах класифікації пухлин мозку на МРТ DeiT-Small (варіант ViT) показав 92.16% точності проти 60.78% у ResNet-50 на невеликому датасеті [1]. Також дослідження свідчать, що Vision Transformers краще узагальнюють на спеціалізованих медичних завданнях з обмеженою кількістю тренувальних прикладів. Недолік такого підходу у значно більшій кількості параметрів (ViT-Base: 86 млн) та повільнішому інференсі (100-120 мс) порівняно з CNN [3]. Проте ViT доцільні у застосунках, де важлива точність на рідкісних патологіях або коли доступні обмежені обсяги розмічених даних.

Гібридні CNN-Transformer моделі поєднують згорткові шари для локального аналізу текстур з трансформер-блоками для глобального контексту. UnetTransCNN — паралельна архітектура, яка обробляє зображення одночасно через CNN та ViT гілки, а потім об'єднує їхні ознаки. На завданнях 3D-сегментації органів вона досягла Dice score 85.3% на бенчмарку BTCV, перевершивши базові моделі на 6.4% для складних структур (жовчний міхур) [2]. Швидкість інференсу ~2 секунди на 3D-зображення, що на 20-30% швидше за конкурентів завдяки оптимізованій архітектурі. Інша гібридна модель Hybrid FC CNN-Transformer генерує spatial class-evidence heatmaps без post-hoc методів типу Grad-CAM [2]. Це критично важливо для клінічного прийняття: лікарі бачать, на які ділянки зображення звернула увагу модель при діагнозі. Гібридні моделі демонструють кращий баланс між точністю CNN та глобальним розумінням Transformers, забезпечуючи при цьому інтерпретованість рішень [3].

Foundation Models великі попередньо натреновані моделі на мільйонах медичних зображень, які можна адаптувати під конкретні завдання з мінімальним дотренуванням. MedSAM — адаптація Segment Anything Model для медицини, тренована на понад 1 млн 2D медичних зображень [5]. Досягає Dice scores 81.5% на пневмотораксі, 94.0% на крововиливах КТ, 94.4% на гліомах МРТ без спеціального навчання на кожну модальність [4]. MedCLIP — vision-language модель, що поєднує розуміння зображень і текстових описів. Дозволяє zero-shot класифікацію через текстові запити ("знайди пневмонію") без необхідності перетренування. На деяких завданнях MedCLIP перевершує повністю наглядовані моделі завдяки багатому семантичному розумінню, набутому під час попереднього тренування [6]. Foundation models особливо ефективні для рідкісних патологій, де немає достатньо розмічених даних для повноцінного навчання спеціалізованої моделі. Недолік — великий розмір моделей та потреба в потужному обладнанні для інференсу.

Порівнювати ці архітектури безпосередньо складно, оскільки кожна оптимізована для різних сценаріїв. Однак з огляду на продуктивність можна зробити висновки: ResNet-50 демонструє найвищу точність (98.37%) при класифікації на великих датасетах. Модель стійка до змін умов зйомки та є де-факто еталоном для медичної класифікації. EfficientNet-B0 в свою чергу найефективніша за співвідношенням точність/ресурси: показник 22.01 точності на млн параметрів при достатніх 88.05% точності. Таким чином комбінований підхід оптимальний: EfficientNet-B0 для первинного скринінгу в умовах обмежених ресурсів, а ResNet-50 для точної діагностики складних випадків. Щодо Vision Transformers, то такі моделі покращують результати на спеціалізованих завданнях з малими датасетами (DeiT: 92.16% проти ResNet: 60.78% на пухлинах мозку). Проте вони менш стандартизовані в практичних системах через високі обчислювальні вимоги. Їхня перевага проявляється насамперед при рідкісних патологіях. Гібридні CNN-Transformer моделі забезпечують інтерпретованість (UnetTransCNN: spatial heatmaps), що критично для клінічного впровадження. Foundation models (MedSAM, MedCLIP) дають гнучкість zero-shot/few-shot навчання, але потребують значних ресурсів. Сучасні публікації з медичної діагностики рекомендують вибирати архітектуру залежно від конкретних умов: обсягу даних, обчислювальних можливостей та клінічних вимог.

Висновки

Проаналізовані архітектури показують, що найкращого універсального підходу не існує. Кожен з методів оптимізовано для своїх умов. ResNet-50 забезпечує найвищу точність (98.37%) на великих датасетах, що підтверджено численними експериментами. EfficientNet-B0 є лідером за ефективністю використання ресурсів з показником 22.01 точності/млн параметрів, ефективно

класифікуючи патології навіть на слабкому обладнанні. Для спеціалізованих завдань з малими даними Vision Transformers дають перевагу (до 31.38% покращення точності), але мають більші обчислювальні витрати. Гібридні CNN-Transformer моделі забезпечують інтерпретованість рішень через вбудовані механізми візуалізації уваги. Foundation models відкривають можливості zero-shot класифікації та універсального навчання. Найбільш обґрунтованим на сьогодні є диференційований підхід: EfficientNet-B0 для масового скринінгу та первинної діагностики в умовах обмежених ресурсів, ResNet-50 для точної діагностики у спеціалізованих центрах, Vision Transformers для рідкісних патологій, гібридні моделі для систем, де критична пояснюваність рішень. Така стратегія поєднує сильні сторони різних архітектур, забезпечуючи оптимальний баланс точності, швидкодії та практичної застосовності для конкретних клінічних потреб.

Перелік джерел посилання

1. Kunal Kawadkar. “Comparative Analysis of Vision Transformers and Convolutional Neural Networks for Medical Image-Classification”.-arXiv.org.-Дата-звернення:-21 жовт.-2025.-Онлайн.. Доступно: https://arxiv.org/abs/2507.21156

2. Y.-H. Xie, B.-S. Huang та F. Li. “Frontiers | UnetTransCNN: integrating transformers with convolutional neural networks for enhanced medical image segmentation”. Frontiers. Дата звернення: 21-жовт.-2025.aОнлайн.. Доступно: https://www.frontiersin.org/journals/oncology/articles/10.3389/fonc.2025.1467672/full

3. Kerol Djoumessi, Samuel Ofosu Mensah, Philipp Berens. “A Hybrid Fully Convolutional CNN-Transformer Model for Inherently Interpretable Disease Detection from Retinal Fundus Images”. arXiv.org. Дата звернення: 21 жовт. 2025. Онлайн.. Доступно: https://arxiv.org/abs/2504.08481

4. Jun Ma, Yuting He, Feifei Li, Lin Han, Chenyu You, Bo Wang. “Segment anything in medical images -dNaturesCommunications”.sNature.dДатадзвернення:d21 жовт.d2025.dОнлайн.. Доступно: https://www.nature.com/articles/s41467-024-44824-z

5. Jun Ma, Yuting He, Feifei Li, Lin Han, Chenyu You & Bo Wang.“GitHub - bowang-lab/MedSAM: Segment Anything in Medical Images”. GitHub. Дата звернення: 21 жовт. 2025. Онлайн.. Доступно: https://github.com/bowang-lab/MedSAM

6. Vivien van Veldhuizen, Vanessa Botha, Chunyao Lu, Melis Erdal Cesur, Kevin Groot Lipman, Edwin D. de Jong, Hugo Horlings, Clárisa I. Sanchez, Cees G. M. Snoek, Lodewyk Wessels, Ritse Mann, Eric Marcus, Jonas Teuwen. “Foundation Models in Medical Imaging -- A Review and Outlook”. arXiv.org. Дата звернення: 21 жовт. 2025. Онлайн.. Доступно: https://arxiv.org/abs/2506.09095

7. Debashree Bora. “AI-Based Medical Imaging Market Size, Trends and Statistics Report 2033”. GlobalsMarketsResearch-and-Industry-Analysis.-Дата-звернення:-21 жовт.-2025.-Онлайн.. Доступно: https://straitsresearch.com/report/ai-based-medical-imaging-market

8. Pär Kragsterman. “Medical Imaging Research: Breakthroughs in AI and Advanced Technologies 2025”.dCollectivedMinds.-Дата-звернення:-21-жовт.-2025.-Онлайн..-Доступно: https://collectiveminds.health/articles/medical-imaging-research-breakthroughs-in-ai-and-advanced-technologies

УДК 004.7:004.8:681.5

Голенко О. А.,
студент 5 курсу спеціальності «Інформаційні системи та технології» факультету Інформаційних технологій та дизайну

Карамушка М. В.,
к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук

УНІФІКОВАНА АРХІТЕКТУРА ЛОКАЛЬНОГО IOT-ХАБА ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ СПАДКОВИХ І СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Сучасні технології та IoT активно змінюють оснащення житла, розширюючи можливості моніторингу й керування інфраструктурою [1]. Проте поруч із новими IoT-пристроями продовжують працювати спадкові системи (дротові датчики, домофони, котли, аналогові лічильники, RS-485/Modbus, KNX, BACnet), що спричиняє фрагментацію протоколів, несумісність даних і різнорідність прикладних моделей [2]. Це веде до ізольованих рішень, дублювання шлюзів, складного масштабування та підвищених вимог до приватності, безпеки й роботи офлайн.

Тому актуальним є створення методичних засад модернізації житлової IoT-інфраструктури з уніфікацією форматів і семантики даних, мапінгом спадкових протоколів у єдину модель та забезпеченням безпеки й офлайн-стійкості. Це дозволить інтегрувати пристрої різних поколінь і забезпечить основу для подальшої аналітики та застосування ШІ незалежно від виробника.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні підходи до сумісності в «розумному» житлі розвиваються у двох взаємодоповнювальних напрямах:

1. уніфікація семантики пристроїв,
2. уніфікація прикладного рівня поверх IP.

Стандарти W3C Web of Things (WoT) 1.1 та CSA Matter 1.4 є показовими прикладами. WoT пропонує незалежну від протоколів модель опису пристроїв, що зменшує фрагментацію між HTTP/MQTT/CoAP.

Matter уніфікує класи пристроїв, атрибути та команди поверх IP і поступово охоплює нові домени — енергоменеджмент, мережеву інфраструктуру, спрощений онбординг через NFC або QR [3].

На транспортному рівні MQTT 5.0 залишається стандартом «публікація/підписка», але не визначає семантику повідомлень, тому її потрібно нормалізувати на рівні хаба [4].

Практичний попит на локальні IoT-рішення відображають open-source платформи Home Assistant та openHAB, орієнтовані на локальний контроль, приватність та розгортання на Raspberry Pi. Комерційні локальні хаби, як-от Hubitat, також роблять акцент на офлайновість і швидкі автоматизації.

Такі системи доповнюють WoT і Matter, виконуючи роль «мостів» для спадкових технологій та уніфікуючи дані на рівні хаба.

Викладення основного матеріалу дослідження

У межах дослідження використано багатошарову архітектуру локально орієнтованого хаба, який виконує роль центрального вузла інтеграції «старих» і сучасних підсистем житла показано на Рисунку 1.

Ядро рішення складається з:

- Шар адаптерів— шлюзи до різних фізичних/канальних та прикладних протоколів: RS-485 чи Modbus, ІЧ, Wi-Fi, BLE за потреби Zigbee або Matter).

- Шар нормалізації — перетворення нативних повідомлень на канонічні події/команди зі спільними одиницями виміру, часовими мітками (UTC) та індикаторами якості.

- Подієва шина — внутрішня подієва шина (MQTT) з QoS, ретенцією та дедуплікацією.

- Реєстр пристроїв та можливостей — реєстр пристроїв, їхніх можливостей, версій профілів і політик доступу.

- Правила/Автоматизація — двигун сценаріїв та правил (локальне виконання без хмари).

- Зовнішнє API — єдине прикладне API (REST/WS) для клієнтів, мобільних застосунків і «peer-hub» інтеграцій.

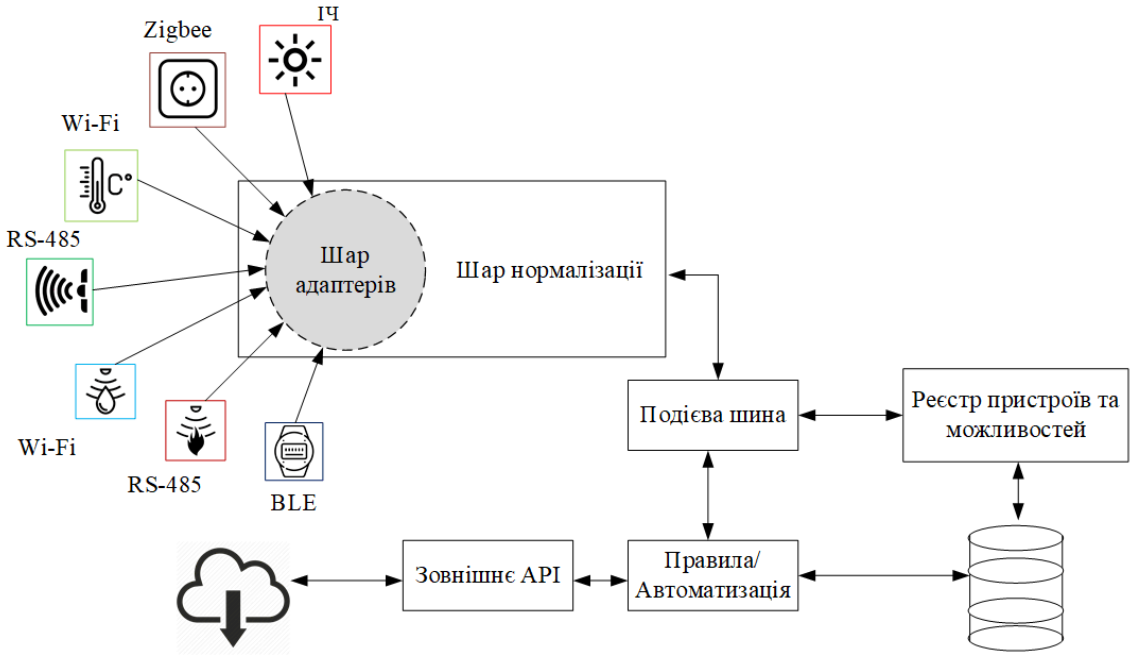


Рис. 1. Референсна архітектура локально орієнтованого хаба (шари та потоки даних)

Канонічна модель даних і доменне API передбачають профілі з поділом на обов'язкове «ядро» та розширення.

Мінімальний набір полів для телеметрії: *device_id, capability, ts (UTC ISO 8601), value, unit (SI), quality, schema_ver*. Для команд: *device_id, command, params, ts, schema_ver*. Така організація забезпечує єдину семантику й формат даних для аналітики та ШІ, зворотну сумісність через версіонування схем, а також прозорий обмін між кількома хабами без додаткових перетворень.

У разі використання готових інтегрованих модулів Zigbee або Matter програмні мости відображають кластерні та атрибутивні моделі на відповідні capabilities без змін ядра системи.

Онбординг і безпека реалізуються так, під час початкового під'єднання пристрій отримує provisioning-токен або сертифікат, згенерований хабом до прикладу для Wi-Fi задаються SSID та пароль і адреси API, для BLE виконується парування з локальним мостом. Далі увесь транспорт шифрується TLS/mTLS для IP, захищені сесії для BLE, доступ контролюється рольовою авторизацією, а події або команди за потреби підписуються для гарантії цілісності. Ведуться обов'язкові журнали доступів і змін конфігурації. На Рисунку 2 можемо спостерігати дану схему.

Офлайн-стійкість і надійність доставки забезпечуються схемою store-and-forward з повторною відправкою після відновлення зв'язку, використанням рівнів MQTT QoS, збереженням для останнього стану та механізмами heartbeat для виявлення офлайн-пристроїв. Дедуплікація подій виконується за ключем (device_id, ts), а політики ретенції визначаються класом даних чи критичні або некритичні.

Реєстр пристроїв і хабів реалізовано через Device & Capability Registry, який зберігає ідентифікатори, типи, виробника, версії прошивки/профілю, підтримувані capabilities та права доступу. Міжвузлова взаємодія здійснюється через «Зовнішнє API» або обмін подіями по MQTT/WebSocket за узгодженими схемами.

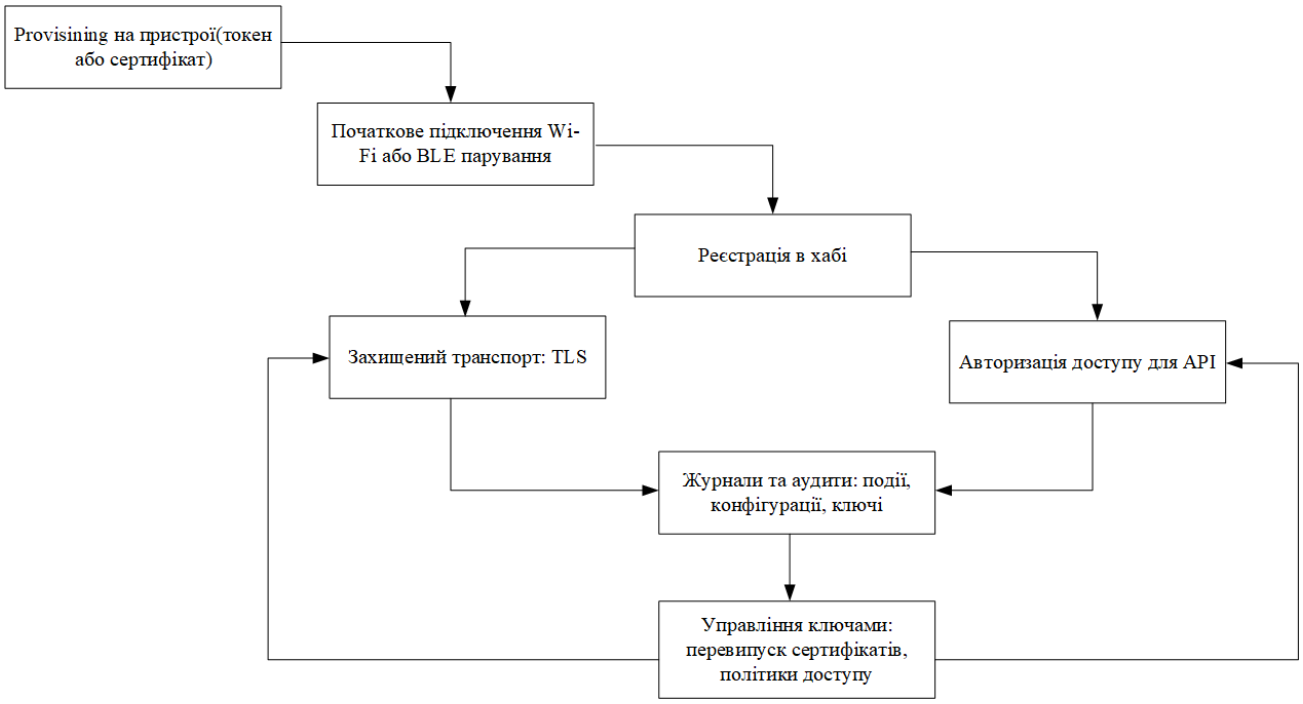


Рис. 2. Онбординг та безпека

Приклади сценаріїв:

1. Оптимізація клімату: дані датчиків руху та розкладу формують цільові температури; команди надходять до котла/кондиціонера через подієву шину.

2. Аварійне перекриття води: сенсор протікання 433 МГц через хаб надсилає сповіщення та команду на електроклапан.

3. Зоноване освітлення: кнопки або сенсори освітленості BLE керують сценами, зберігається останній стан для швидкого відновлення після збоїв.

Для оцінювання системи вимірюємо:

- затримку реакції (час від команди до фактичної дії),
- надійність доставки (втрачені/дубльовані події під час штучних збоїв),
- швидкість відновлення після перезавантаження хаба,
- енергоефективність (порівняння споживання «до/після» автоматизацій).

Усі вимірювання повторюються, результати фіксуються в журналах і подаються в таблицях та графіках.

Обмеження та розвиток: поточна система орієнтована на побутові сценарії та вибрані протоколи; підтримка промислових стандартів планується через додаткові адаптери. Подальший розвиток включає автоматичний імпорт можливостей із WoT/Matter, розширення канонічних профілів та інструменти контролю якості даних для аналітики й ШІ.

Висновки

У роботі запропоновано уніфіковану архітектуру локального IoT-хаба для інтеграції спадкових і сучасних пристроїв житла, побудовану на адаптерах, шарі нормалізації, MQTT та канонічній моделі даних. Реалізовано мапінг Modbus, BLE, ІЧ, радіо 433–868 МГц, Zigbee та Matter у єдині «можливості пристроїв», а також механізми безпеки й офлайн-стійкості. Стендове оцінювання підтвердило придатність рішення для поетапної модернізації житла та зниження витрат інтеграції; подальший розвиток передбачає підтримку BACnet/KNX та автоматичний імпорт можливостей із WoT/Matter.

Список використаної літератури

1. Sensors (MDPI). Special Issue: Smart Homes. Description of the direction "IoT for smart homes". https://www.mdpi.com/journal/sensors.

2. Orfanos V.A. et al. A Comprehensive Review of IoT Networking Technologies. Micromachines, 2023. https://www.mdpi.com/2224-2708/12/2/30.

3. W3C. Web of Things (WoT) Thing Description 1.1 — Recommendation. 2023. https://www.w3.org/TR/wot-thing-description11/.

4. Connectivity Standards Alliance. Matter 1.4.1: Enhanced Setup Flow, Multi-Device QR, NFC Onboarding. 2025. https://csa-iot.org/newsroom/a-smarter-start-matter-1-4-1-makes-setup-easier/.

УДК 330.46:519.87

Зубков Д. І.,
студент 2 курсу
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
ООП "Комп'ютерна інженерія"

Капітон А. М.,
доктор педагогічних
наук, кандидат економічних наук,
професор кафедри комп'ютерних
та інформаційних технологій і систем,
Національний університет "Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка"

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", Україна

Постановка проблеми

Сьогодні ІТ — це головний каталізатор усіх глобальних змін. Проблема в тому, що потрібно постійно осмислювати і швидко адаптуватися до нових трендів, інакше компанії та економіки технологічно відстануть. Зв'язок із практичними задачами прямий: ефективне використання трендів (як-от ШІ, 5G, IoT) дозволяє вирішувати глобальні виклики у медицині, екології та фінансах. Аналіз останніх звітів (Gartner, McKinsey) показує невирішені частини: відсутність етичних рамок для ШІ ("проблема чорного ящика"), проблеми інтероперабельності Edge-to-Cloud та відсутність постквантової криптографії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останні звіти від провідних аналітичних компаній (Gartner, Forrester, McKinsey) чітко показують, що відбувається консолідація кількох технологічних сфер. Штучний інтелект (ШІ) залишається лідером, але фокус змістився: тепер говорять не про сам ШІ, а про його демократизацію (AI-as-a-Service) та генеративний ШІ (GenAI). Це моделі на кшталт GPT-4, які кардинально змінюють те, як ми створюємо контент і пишемо код. У сфері розподілених реєстрів (Blockchain) інтерес перейшов від хайпу навколо криптовалют до реальних застосувань у бізнесі — управління ланцюгами постачання чи токенізація активів. Хмарні обчислення перестали бути просто "публічною хмарою", вони стали Hybrid та Multi-Cloud рішеннями. Особливо важливим є вибухове зростання Edge Computing (периферійні обчислення), що є необхідною умовою для 5G, IoT та автономного транспорту. Нарешті, кібербезпека реагує на складність нових атак і вимагає переходу до Zero Trust Architecture (ZTA) та використання ШІ для виявлення загроз.

Постановка задачі

Мета дослідження — структурно описати ключові вектори еволюції ІТ, а завдання — проаналізувати GenAI, інтеграцію Edge/5G, впровадження Zero Trust та імплементацію Green IT.

Виклад основного матеріалу

Станом на сьогодні ШІ змінив свою роль: від інструменту для прогнозування він перетворився на генеративний виробничий ресурс. Це найбільше впливає на швидкість та вартість створення інтелектуального контенту. На відміну від традиційного аналітичного ШІ, який класифікує та прогнозує дані, GenAI здатний створювати принципово нові, оригінальні вихідні дані. Така зміна парадигми робить його не просто інструментом автоматизації, а фундаментальною складовою цифрової економіки. LLM (великі мовні моделі) довели, що можуть автономно

виконувати складні завдання, які раніше вважалися виключно доменом людської креативності (наприклад, написання перших чернеток коду чи маркетингових текстів). Це підтверджується різким зростанням інвестицій у GenAI-платформи, що забезпечує пряме підвищення ефективності праці.

Таблиця 1

Вплив Генеративного ШІ на ефективність праці

Сфера застосування	Традиційний підхід	Результат із GenAI	Збільшення ефективності
Розробка коду	Ручне написання	AI-асистенти	20-40% прискорення
Створення контенту	Копірайтинг/дизайн	Автоматична генерація чернеток	Скорочення часу на 60%

Edge Computing (периферійні обчислення) є критичною умовою для успішного масштабування Інтернету речей (IoT) та впровадження 5G/6G. Централізована хмара фізично не може забезпечити потрібну низьку затримку (latency) для додатків, критичних до часу (наприклад, системи безпеки автономних автомобілів, промислова автоматизація). Перенесення обробки даних на периферію (найближче до джерела) вирішує цю проблему. Таким чином, 5G/6G є не просто засобом передачі великих даних, а скоріше магістраллю для Edge-обчислень. Зображення нижче ілюструє, як дані обробляються локально, мінімізуючи шлях до центральної хмари.

Традиційна модель безпеки, заснована на периметрі ("довіряй внутрішній мережі"), більше не працює через віддалену роботу та гібридну хмару. Zero Trust — це єдина надійна стратегія. Вона базується на принципі "Ніколи не довіряй, завжди перевіряй" (Never Trust, Always Verify). Це означає, що кожний запит до ресурсу вимагає багаторівневої аутентифікації, навіть якщо він надходить ізсередини корпоративної мережі. Ця модель значно знижує ризик внутрішніх загроз та мінімізує шкоду від зовнішнього зламу, оскільки зловмисник не може вільно пересуватися мережею.

Таблиця 2

Порівняння класичної та Zero Trust архітектур безпеки

Критерій	Традиційна периметрова модель	Zero Trust Architecture (ZTA)
Основний принцип	Довіра внутрішній мережі	"Ніколи не довіряй, завжди перевіряй"
Місце перевірки	Вхідний/вихідний периметр	Кожен доступ до ресурсу
Захист від інсайдерів	Низький/відсутній	Високий (сегментація)
Адаптація до хмари	Низька	Висока

Висновки

Сучасний розвиток IT є не набором окремих технологій, а конвергенцією GenAI, Edge/5G та Zero Trust. Цінність зміщується від самого софту до якісних даних, а питання енергоефективності (Green IT) виходить на рівень стратегічного планування.

Перелік джерел посилання

1. Коршун Наталія. Методи та моделі забезпечення кібербезпеки інформаційних систем переробки інформації та функціональної безпеки програмно-технічних комплексів управління критичної інфраструктури. Київ, 2025 р.

2. Звенігородський О.С., Зінченко О.В., Чичкарьов Є.А., Кисіль Т.М. Штучний інтелект. Київ, 2022 р.

УДК 330.46:519.87

Котвіцький І. В.,
студент 4 курсу спеціальності
«Інженерія програмного забезпечення»

Савіцький Р. С.,
ст. викладач кафедри інженерії
програмного забезпечення

УЗГОДЖЕНІСТЬ ВНУТРІШНІХ ДОМОВЛЕНОСТЕЙ ЯК ФУНДАМЕНТ ЯКОСТІ В ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Державний університет «Житомирська політехніка»

Постановка проблеми

Якість програмного продукту традиційно оцінюється через технічні метрики, такі як покриття коду тестами, кількість дефектів або швидкість виконання. Однак ці показники відображають результати процесів, але не дають відповіді на питання про причини виникнення проблем. Норберт Вінер стверджував, що будь-яка система управління функціонує лише за умови стабільного зворотного зв'язку та узгодженості сигналів між її компонентами [1]. Едсгер Дейкстра писав, що складність програмних систем перевищує можливості людського розуму, тому єдиний шлях до контролю полягає в дисципліні [2]. Обидва діячі бачили якість не як результат інструментів, а як наслідок дисципліни у дотриманні узгоджених правил взаємодії.

Аналіз сучасних досліджень

Система домовленостей є універсальною властивістю будь-якої складної технічної системи, що визначає спосіб взаємодії між її компонентами через протоколи передачі даних, контракти інтерфейсів, специфікації форматів та угоди про поведінку. У командній роботі це стандарти архітектури, принципи організації коду, конвенції форматування, процеси прийняття рішень та комунікації. Порушення цих правил на будь-якому рівні створює каскадний ефект, так само як порушення мережевих протоколів призводить до втрати зв'язку між вузлами системи.

Більшість відомих принципів програмування не є абсолютними законами і залежать від контексту, часто суперечать один одному. Наприклад, DRY (Don't Repeat Yourself) закликає уникати дублювання коду, тоді як KISS (Keep It Simple, Stupid) наголошує на простоті реалізації. У веб застосунках валідація даних дублюється на клієнті й на сервері. Це формальне порушення DRY, але виправдане, оскільки вирішує різні завдання, такі як зручність для користувача та безпеку системи. Натомість надмірне прагнення уникнути дублювання призводить до надто загальних функцій і складної умовної логіки, що суперечить принципу простоти. Розробник, який намагається об'єднати три схожі операції в одну універсальну функцію з параметризацією, може створити конструкцію, яка складніша для розуміння, ніж три окремі реалізації.

Подібна ситуація спостерігається в підходах до управління станом. Глобальні змінні традиційно вважаються антипатерном через складність відстеження змін та проблеми з тестуванням. Однак сучасні фреймворки, такі як Redux або Vuex, використовують централізоване сховище стану як архітектурний принцип. Це фактично глобальний об'єкт, доступний з будь-якої частини додатку. Різниця полягає у наявності чітких правил доступу, однонаправленого потоку даних та формалізованих механізмах зміни стану через дії та редюсери. Сам по собі глобальний стан не є проблемою, проблемою є відсутність узгоджених правил його використання. Коли команда свідомо вибирає централізоване сховище і встановлює протокол роботи з ним, це стає контрольованим архітектурним рішенням. Коли ж глобальні змінні з'являються хаотично, без узгодження, система втрачає передбачуваність.

Навіть формальні галузеві стандарти не гарантують якості без механізмів примусу та внутрішньої дисципліни, зокрема стандарт IEEE 754 для обчислень з рухомою комою ухвалили у 1985 році, але його повне впровадження зайняло понад десятиліття [3]. Деякі виробники

компіляторів свідомо відхилялися від стандарту заради оптимізації швидкодії, жертвуючи детермінованістю обчислень. Подібні проблеми фіксуються в критичних галузях.

Постановка задачі

Проблема полягає у визначенні того, як внутрішні домовленості команди впливають на якість програмних систем і як забезпечити їх дотримання на технічному, організаційному та комунікаційному рівнях.

Необхідно проаналізувати роль узгоджених правил у командній роботі, визначити механізми, що сприяють або заважають їх виконанню, та сформувати індикатори, за якими можна оцінити рівень узгодженості в реальних проєктах.

Виклад основного матеріалу

Сучасні дослідження демонструють, що в багатьох проєктах автомобільної промисловості регулярно порушуються стандарти безпечного кодування, такі як MISRA C, незважаючи на їхню обов'язковість [4]. У фінансових системах аудити виявляють невідповідності стандартам PCI DSS навіть після сертифікації (див. рис. 1). Сам факт існування зовнішнього правила не означає його виконання без внутрішньої мотивації та контролю.

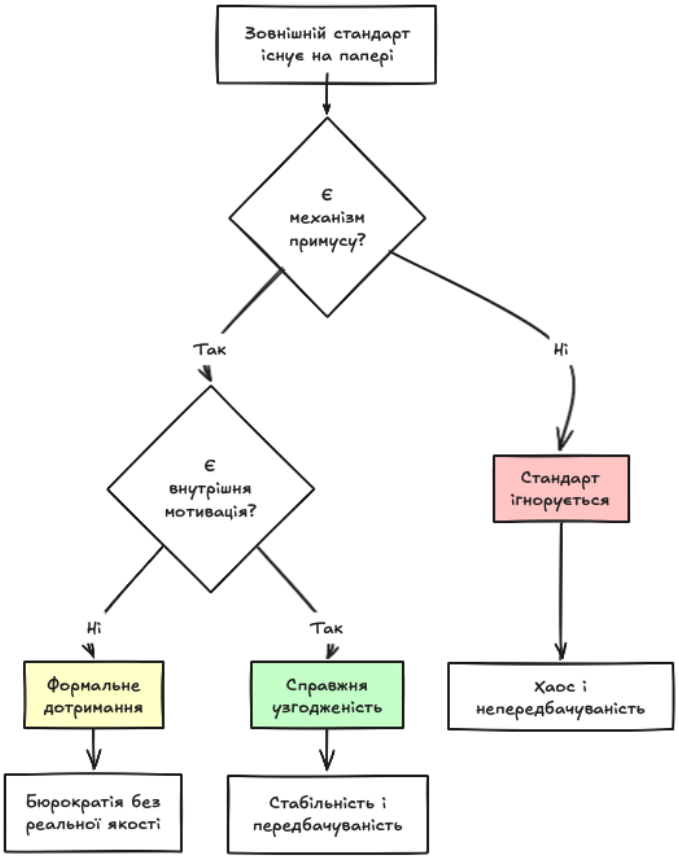


Рисунок 1. Шлях від зовнішнього стандарту до реальної узгодженості

Розглянуті вище випадки вказують на фундаментальний принцип, згідно з яким якість визначається не конкретним вибором методології чи стандарту, а існуванням чітких внутрішніх домовленостей команди та дисципліною їх дотримання. Том ДеМарко та Тімоті Лістер показали, що продуктивність команди визначається не індивідуальною майстерністю програмістів, а якістю їхньої взаємодії та спільністю розуміння цілей [5]. Дослідження 2021 та 2022 років підтверджують, що команди з високим рівнем внутрішньої узгодженості процесів показують кращі результати за метриками якості та швидкості доставки, ніж команди, які формально дотримуються галузевих практик без внутрішнього консенсусу [6, 7]. Developer Experience безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту через зменшення помилок при інтеграції змін та швидшу адаптацію нових членів команди, що підтверджується дослідженнями щодо зв'язку між задоволеністю розробників та технічними метриками проєкту [8].

Розглянемо практичний сценарій. На початку проєкту учасники команди погоджуються щодо структури модулів та конвенцій іменування. Через місяць один розробник вирішує організувати свій модуль інакше, виходячи з потреб конкретної задачі. Інший створює документацію, використовуючи терміни, поширені серед бізнес-користувачів, але не узгоджені з назвами у кодовій базі. Третій у технічному обговоренні з менеджментом описує залежності між модулями спрощено, опускаючи важливі обмеження. Кожне з цих рішень на перший погляд є виправданим: вони прискорюють роботу або спрощують комунікацію. Однак у сукупності такі відхилення поступово створюють ефект розсинхронізації. Новим членам команди складніше розібратися в структурі системи, виникають непорозуміння в комунікації з бізнесом, а внутрішні домовленості починають сприйматися як рекомендації, а не обов’язкові правила. Це ускладнює підтримку єдиних стандартів і знижує якість командної взаємодії.

Відповідність внутрішнім стандартам розробки показує здатність команди підтримувати єдність домовленостей на всіх рівнях системи. На технічному рівні це виражається у послідовності архітектурних рішень, актуальності документації відносно реального стану коду, узгодженості між тестовими сценаріями та фактичною поведінкою компонентів. На організаційному рівні це дотримання процесів прийняття технічних рішень, проведення код-рев'ю згідно з визначеними критеріями, інтеграції змін через узгоджені процедури. На комунікаційному рівні це єдність термінології в технічних обговореннях, внутрішніх документах та зовнішніх презентаціях, відповідність повідомлень клієнту реальним технічним можливостям системи. Високий рівень узгодженості означає синхронізацію всіх цих рівнів та їхню взаємну підтримку. Оцінити цю характеристику можна через конкретні індикатори, такі як час адаптації нових розробників до проєкту, частота конфліктів при інтеграції змін, розбіжності між документацією та кодом, кількість ситуацій, коли технічні рішення приймаються без узгодження з командними стандартами.

Домовленості самі по собі не створюють якості, вони стають ефективними лише за умови безумовного дотримання. Це не означає, що правила не можуть змінюватися, але зміна має бути свідомим колективним рішенням, а не результатом індивідуального відхилення. Технічні лідери в цьому контексті є не тільки експертами у виборі технологій, а й гарантами дотримання узгоджених правил. Їхнє завдання полягає не в пошуку ідеального фреймворку чи методології, а в забезпеченні того, щоб командні домовленості мали реальну силу та виконувалися послідовно.

Висновки

Якість у програмній інженерії є функцією організаційної дисципліни та починається з узгоджених конвенцій про організацію коду, домовленостей про процеси роботи, спільної мови в технічній комунікації. Вона завершується здатністю неухильно дотримуватися цих узгоджень у часі на всіх етапах розробки, від перших технічних рішень до фінальних презентацій клієнту. Система внутрішніх домовленостей не є бюрократичним навантаженням, а способом мислення, який забезпечує передбачуваність поведінки системи та ефективність співпраці. Здатність команди підтримувати узгодженість стандартів розробки є ключовим показником професійної зрілості, що визначає не лише технічну якість продукту, а й організаційну зрілість самої команди.

Перелік джерел посилання

1. Wiener N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge : MIT Press, 1948. 318 p.

2. Dijkstra E. W. The Humble Programmer. Communications of the ACM. 1972. Vol. 15, No. 10. P. 859–866. DOI: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/355604.361591

3. IEEE. IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic (ANSI/IEEE Std 754-1985). 1985. URL: https://standards.ieee.org/ieee/754/993/ (дата звернення: 10.11.2025).

4. VS-Studio. MISRA Coding Standards and Compliance. 2025. URL: https://pvs-studio.com/en/docs/manual/6966/ (дата звернення: 10.11.2025).

5. DeMarco T., Lister T. Peopleware: Productive Projects and Teams. New York : Dorset House, 1999. 356 p.

6. Google Cloud. Announcing DORA 2021 Accelerate State of DevOps Report. 2021. URL: https://cloud.google.com/blog/products/devops-sre/announcing-dora-2021-accelerate-state-of-devops-report (дата звернення: 10.11.2025).

7. DORA. Accelerate State of DevOps Report 2022. 2022. URL: https://dora.dev/research/2022/dora-report/2022-dora-accelerate-state-of-devops-report.pdf (дата звернення: 10.11.2025).

8. Forsgren N., Storey M-A., Zimmermann T., et al. The SPACE of Developer Productivity. Microsoft Research, 2021. 48 p. URL: https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/the-space-of-developer-productivity-theres-more-to-it-than-you-think (дата звернення: 10.11.2025).

УДК 004.738.5:658.8:005.584

Кравцова Ю. М.,
студентка 6 курсу
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Григорова А. А.,
к.т.н., доцент, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЛАТФОРМИ SMART SENDER ДЛЯ РОЗРОБКИ ПІДПРИЄМНИЦЬКИХ ЧАТ-БОТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ЗРОСТАННЯ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

У сучасних умовах цифрової трансформації бізнес потребує ефективних інструментів для автоматизації комунікації, підвищення конверсій та оптимізації взаємодії з клієнтами. Чат-боти стали одним з ключових елементів цієї трансформації. Проте українські підприємці часто стикаються з браком знань щодо вибору платформи та застосування інструментів зростання для масштабування бізнес-процесів. Брак систематизованих досліджень щодо можливостей Smart у використанні Growth Tools для залучення та утримання клієнтів створює потребу у науковому аналізі платформи з позиції її ефективності та практичної цінності для бізнесу. Платформа Smart позиціонується як універсальне рішення, однак його можливості потребують системного дослідження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Наукові та прикладні роботи, присвячені чат-ботам, здебільшого розглядають їх у контексті маркетингової автоматизації, розвитку CRM-систем, клієнтського сервісу та цифрових продажів. Дослідники аналізують переваги чат-ботів у підвищенні конверсій, побудові комунікаційних воронок та персоналізації взаємодії [1].

Однак Smart Sender у цих працях часто згадується побіжно або у прикладному форматі — у вигляді оглядів функцій або тестування окремих інструментів. Комплексні дослідження інструментів зростання цієї платформи, а також їх ефективності у підприємницьких проектах поки що представлені не повною мірою.

Постановка задачі

Метою роботи є аналіз функціональних можливостей Smart Sender у контексті створення підприємницьких чат-ботів і визначення ефективності інструментів зростання (Growth Tools) для залучення, утримання та конвертації аудиторії.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- охарактеризувати ключові функції платформи;
- проаналізувати інструменти зростання та їх вплив на бізнес-показники;
- визначити придатність Smart Sender для малого та середнього бізнесу;
- сформувати рекомендації щодо практичного використання платформи у підприємницьких проектах;

• провести порівняльну характеристику функціональних можливостей платформ ManyChat,

Виклад основного матеріалу

є маркетинговою автоматизаційною платформою, яка поєднує конструктор чат-ботів, CRM, розсилки та інструменти залучення [2]. Основні ключові можливості платформи:

• Конструктор чат-ботів: блоковий інтерфейс, підтримка сценаріїв, теги, сегментація аудиторії, тригери поведінки;

• Омніканальність: підтримка Telegram, Viber, Instagram, Facebook, email, веб-чатів [3];

• CRM-модуль: ведення карток клієнтів, історія комунікацій, воронки продажів [4];

• Автоматизації: тригерні ланцюги, сегментація за діями користувачів, персоналізація повідомлень;

• Growth Tools: віджети, поп-апи, посилання-захоплювачі, мультиформи, квізи, міні-лендинги, які сприяють залученню нових лідів.

Інструменти зростання (Growth Tools), наявні на платформі, включають: інтерактивні форми; квізи; міні-лендинги; віджети підписки на сайт; поп-апи; глибокі посилання; мультиформати для збору лідів.

Ці інструменти дозволяють ефективно генерувати нові ліди та стимулювати підписку на чат-боти. Практика використання показує, що застосування Growth Tools у комплексі з автоматизаціями підвищує конверсію на 20–60% (залежно від ніші та сценаріїв).

Ефективність інструментів зростання проявляється у можливості швидко формувати базу підписників, тестувати різні маркетингові сценарії та підвищувати конверсії через персоналізовані взаємодії. Для підприємців платформа дає змогу створювати автономні системи комунікації без залучення програмістів. Дослідження показують, що використання Smart Sender дозволяє оптимізувати час, знизити витрати на маркетинг і збільшити повторні продажі через автоматизацію.

Переваги Smart Sender для підприємців: відсутність потреби у програмуванні; можливість швидко створювати MVP-моделі чат-ботів; оптимізація витрат на маркетинг; зручне масштабування сценаріїв; підтримка мікро- та макроавтоматизацій.

Платформа забезпечує гнучкість і простоту, що робить її доступною для початківців та корисною для досвідчених підприємців.

Окрім платформи Smart Sender є платформи ManyChat, Chatfuel, SendPulse [5], тому у процесі роботи було зроблено порівняльну характеристику функціональних можливостей усіх цих платформ у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика функціональних можливостей платформ ManyChat, Smart Sender,

Критерій/Платформа	Smart Sender	ManyChat	Chatfuel	SendPulse
Тип платформи	Платформа для бізнес-чатботів з продажами	Чат-бот-конструктор для маркетингу	Потужний конструктор ботів + AI	Омніканальна маркетинг-система з чат-ботами
Підтримувані канали	Telegram, Instagram, Facebook, WhatsApp	Instagram, Facebook Messenger, WhatsApp, SMS	Instagram, WhatsApp, Facebook, сайт	Telegram, Instagram, WhatsApp, Facebook, Viber
Сценарії (Flow Builder)	Візуальний Flow Builder, логіка умов	Drag-and-drop, прості флоу	Потужний конструктор зі складною логікою	Візуальний конструктор блоків, автоматизація
AI / Штучний інтелект	Є окремі AI-модулі та інтеграції	Обмежено, інтеграції через API	Розвинені AI-агенти, робота з GPT	Підтримка GPT, аналіз повідомлень, голос-to-текст
Продажі та оплати	Вбудовані магазини, оплатні	Інтеграції Shopify, Stripe	Stripe, кастомні інтеграції	Оплати + CRM + картки клієнтів

Критерій/Платформа	Smart Sender	ManyChat	Chatfuel	SendPulse
	модулі всередині ботів			
CRM та сегментація	Розширена контактна база, сегментація	Теги, змінні, базова CRM	Сильна сегментація, фільтри	Повноцінна CRM-система вбудована
Розсилки (Broadcast)	Є, гнучкі	Є, з обмеженнями Meta	Є	Email + SMS + Viber + чат-боти
Інтеграції	Багато вбудованих інтеграцій	Zapier, Make, API	Google Sheets, Zapier, API	API, Zapier, Make, вбудовані інтеграції
Тригери та автоматизація	Події, умови, гілки	Події, умови, sequences	Потужні тригери й умови	Автоворонки, події, тригери
Можливість живого оператора	Є	Є	Є (Live Chat)	Є (Inbox у мобільному додатку)
Аналітика	Аналітика флоу + контакти	Метріки підписок і переходів	Глибока аналітика, статистика	Повна маркетинг-аналітика
Складність освоєння	Легко	Легко / середньо	Середньо / складно	Середньо через велику кількість функцій
Оптимально для	Магазини у месенджерах, освітні проєкти	Маркетинг у соцмережах, автоворонки продажів	Складні AI-боти, інтегровані бізнес-процеси	Компаній із багатоканальною комунікацією

З таблиці 1 видно, що Smart Sender маж найбільш збалансований набір функцій для комплексної автоматизації бізнесу: розширену CMR, омнікальність і потужну аналітику. Крім того, платформа підтримує Growth Tools – інструменти для збору лідів через сайти, QR-коди, соціальні мережі, що дає змогу створювати повноцінні маркетингові воронки без залучення сторонніх сервісів.

Отже, проведений аналіз платформ виявив, що платформа Smart Sender - сильна у продажах через месенджери та бот-магазинах. Платформа ManyChat - ідеальна для маркетингу в Instagram/Facebook та простих воронок. Платформа Chatfuel - найпотужніша для AI-ботів та складної логіки. Платформа SendPulse - найкращий вибір, якщо потрібні чат-боти + email + SMS + CRM в одній системі.

Висновки

Платформа Smart Sender є ефективним інструментом для розробки підприємницьких чат-ботів, насамперед завдяки простоті використання, широкому набору функцій та системі інструментів зростання. Growth Tools відіграють ключову роль у формуванні стабільного потоку лідів, що сприяє масштабуванню бізнесу. Smart Sender є доцільним рішенням для малого та середнього бізнесу в Україні, оскільки поєднує CRM, автоматизацію та чат-ботів в одному середовищі, що дозволяє оптимізувати процеси та підвищити ефективність комунікацій.

Отримані результати доводять, що платформа Smart Sender дозволяє автоматизувати комунікації, підвищувати ефективність продажів і оптимізувати маркетингові процеси без значних фінансових витрат.

Перелік джерел посилання

1. Ушакова І. О. Інформаційні системи та технології на підприємстві: конспект лекцій / І. О. Ушакова, Г. О. Плеханова. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2019. – 128 с.

2. Smart Sender. Офіційна документація платформи. [Електронний реурс] – Режим доступу: https://smartsender.com (дата звернення: 20.11.2025).

3. Kaminska, N. Omnichannel Marketing: Trends and Tools for SME Growth // Journal of Digital Business Transformation. – 2023. – №4(12). – С. 45–58.

4. Журавель, В. Розвиток CRM-систем у малому бізнесі: вплив на ефективність маркетингової діяльності // Науковий вісник ХНЕУ. – 2022. – №4. – С. 56–64.

5. Kulik, O. Маркетингові чат-боти у цифровому підприємництві: аналітичний огляд інструментів та платформ // Маркетинг і цифрові технології. – 2022. – №3. – С. 27–35.

УДК 004.421.2:004.89

Криволапов Г. Я.,
магістрант 1 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Моделювання інформаційних
процесів у комп'ютерних системах»,
Голова Наукового товариства студентів,
аспірантів, докторантів і молодих вчених
Факультету інформаційних технологій
та математики

Криволапов Я. В.,
асистент кафедри
прикладних інформаційних систем

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПАРАДИГМИ ВЗАЄМОДІЇ: ПЕРЕХІД ВІД GUI ДО ГІБРИДНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ НАМІРІВ

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, Україна
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

Постановка проблеми

Сучасні програмні продукти, особливо у сфері SaaS (Software as a Service), досягли критичної межі складності графічних інтерфейсів (GUI). Традиційна модель «прямої маніпуляції», де користувач повинен знати точне розташування елементів керування для виконання задачі, створює високе когнітивне навантаження. Еволюція інтерфейсів підійшла до верхньої межі S-подібної кривої розвитку, де подальше вдосконалення візуальних елементів не дає значного приросту продуктивності праці користувача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останні тенденції у сфері Human-Computer Interaction (HCI) вказують на зміщення фокусу від візуального дизайну до діалогових систем. Якоб Нільсен, один із засновників сучасної теорії юзабіліті, стверджує, що штучний інтелект формує першу нову парадигму інтерфейсу за останні 60 років: перехід від командної взаємодії (command-based) до взаємодії на основі намірів (intent-based outcome specification) [1].

Проте існуючі рішення на базі LLM (наприклад, ChatGPT) мають проблему «виводу» (output problem): вони генерують текст, але не дають користувачу інструментів візуального контролю, властивих GUI. Дослідники Google Research пропонують концепцію Generative UI, яка передбачає динамічне створення інтерфейсних елементів під конкретний запит користувача [2]. Дослідники та практики (зокрема розробники інструментів PostHog, Cursor) пропонують проміжний підхід – гібридні інтерфейси [3].

Постановка задачі

Метою роботи є аналіз ефективності гібридної моделі взаємодії (Natural Language Input + GUI Output), яка поєднує можливості великих мовних моделей для розпізнавання намірів користувача та надійність класичних графічних інтерфейсів для відображення результату.

Виклад основного матеріалу

Традиційні GUI історично довели свою ефективність для відображення інформації (output), забезпечуючи високу щільність даних та точність візуалізації. Однак вони стають неефективними для введення складних команд (input), змушуючи користувача проходити через багаторівневі меню

та вивчати ієрархії налаштувань. Чат-боти та розмовні інтерфейси (CUI), навпаки, ідеальні для введення довільних запитів завдяки гнучкості природної мови, але часто погано справляються зі структуруванням складних даних.

Запропонована гібридна модель (Intent-Based Interface) вирішує цю дихотомію. Вона передбачає наявність поля для введення запиту природною мовою безпосередньо в інтерфейсі програми. LLM аналізує запит (намір) і трансформує його в серію команд для API програми, автоматично налаштовуючи фільтри, графіки чи форми.

Основна перевага гібридного підходу полягає у зниженні тертя (Friction Reduction). Замість того, щоб користувачеві вивчати і виконувати точну послідовність кліків, викликів меню та налаштувань у складному GUI, він може просто описати бажаний результат природною мовою (наприклад, «покажи продажі за березень»). Система, використовуючи можливості ШІ, сама інтерпретує запит і визначає необхідний «шлях» до його виконання, значно спрощуючи завдання для користувача і роблячи взаємодію більш інтуїтивною та швидкою [1]. Крім того, гібридний підхід забезпечує збереження контексту. На відміну від суто текстових чи діалогових систем, де результат часто відображається як звичайний текст, тут результат запиту відображається безпосередньо у звичних елементах GUI – у відповідних графіках, таблицях або віджетах. Це дозволяє користувачеві миттєво візуально оцінити дані, легко взаємодіяти з ними (наприклад, фільтрувати, масштабувати) і підтримувати відчуття роботи у звичному робочому середовищі, не втрачаючи візуального та функціонального контексту. Нарешті, цей підхід має значний потенціал для навчання користувача. Він реалізує нові патерни взаємодії, такі як «спільна творчість» (co-creation). Виникають нові UX-патерни, де AI не просто виконує команди, а пропонує варіанти рішень (наприклад, різні візуалізації даних), з яких користувач обирає найкращий [4]. Коли ШІ виконує запит, система може підсвічувати, виділяти або анімувати ті елементи інтерфейсу (кнопки, фільтри, поля), які були задіяні для отримання результату. Користувач бачить, як система виконала його запит, і поступово навчається функціоналу GUI.

У таблиці 1 наведено порівняльну характеристику парадигм взаємодії.

Таблиця 1

Порівняння парадигм інтерфейсів

Характеристика	Класичний GUI	Чат-бот (LLM)	Гібридний (Intent-Based)
Тип вводу	Імперативний (кліки)	Декларативний (текст)	Декларативний (текст)
Тип виводу	Візуальний (точний)	Текстовий (неструктурований)	Візуальний (точний)
Поріг входу	Високий	Низький	Низький

Висновки

Перехід до гібридних інтерфейсів на основі намірів становить не просто черговий етап еволюції програмного забезпечення, а фундаментальну зміну парадигми Human-Computer Interaction, що зміщує фокус з імперативного виконання команд на декларативне визначення цілей. Ця трансформація ефективно розв’язує кризу когнітивного перевантаження сучасних GUI, створюючи синергію між гнучкістю природної мови, яка усуває бар’єри входу, та надійністю графічних елементів, що забезпечують необхідний контекст і візуальний контроль. Впровадження таких моделей виступає критично важливим технологічним містком до ери повністю генеративних інтерфейсів (Generative UI), поступово трансформуючи роль користувача з оператора інструменту на куратора результатів і закладаючи основу для створення адаптивних систем, що динамічно формуються під унікальні потреби кожного завдання в реальному часі.

Перелік джерел посилання

1. Nielsen J. AI: First New UI Paradigm in 60 Years [Електронний ресурс] / Jakob Nielsen // UX Tigers. – 2023. – Режим доступу: https://www.uxtigers.com/post/ai-new-ui-paradigm

2. Generative UI: A rich, custom, visual interactive user experience for any prompt [Електронний ресурс] / Google Research // Google Research Blog. – 2025. – Режим доступу: https://research.google/blog/generative-ui-a-rich-custom-visual-interactive-user-experience-for-any-prompt/

3. Tartarotti E. The Weird Death Of User Interfaces [Електронний ресурс] / Enrico Tartarotti // YouTube. – 2025. – Режим доступу: https://youtu.be/KG4ONHqF1qg

4. Fakhim S. Exploring Generative AI UX Patterns: Defining the Rules of Interaction [Електронний ресурс] / Saam Fakhim // Medium. – 2025. – Режим доступу: https://blog.appliedinnovationexchange.com/exploring-generative-ai-ux-patterns-defining-the-rules-of-interaction-a6d5aeb80d3b

УДК 004.6

Лабчук В. А.,
аспірант 1 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Комп'ютерні науки»

Захарченко Р. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмних засобів і технологій

SMALL DATA: БІЛЬШЕ ДАНИХ – НЕ ОЗНАКА КРАЩИХ РІШЕНЬ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Дані потрібні для прийняття рішень. На якість прийнятих рішень впливають кількість та якість цих даних [1]. Однак просте накопичення величезних і розподілених масивів інформації для деяких випадків може бути щонайменше надмірним або ж і взагалі не завжди фізично доступним. Занадто великий розмір даних — це зменшення швидкості їх обробки, пошуку, потреба в збільшених обчислювальних та зберігальних ресурсах, і не факт, що це надасть бажаний рівень ефекту. Крім того існує ризик загубити важливу інформацію на фоні менш важливої, але частіше зустріваної.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Тема Small Data — актуальна й багатогранна. При дослідженні було проведено **аналіз останніх публікацій на дану** тему. В роботі [1] представлено результати дослідження впливу якості даних на процеси прийняття рішень в організаціях, які значною мірою залежать від інформації для своєї діяльності. В статті звернено увагу на те, що із зростанням цифровізації та поширення даних у сучасному бізнес-середовищі, якість даних стала критичним фактором у забезпеченні точного та ефективного прийняття рішень. В [2] результати досліджень використання методів бутстрепу. В роботі підкреслено, що достатність даних передбачає наявність достатньої кількості подій для перевірки всіх відповідних факторів ризику на предмет їх зв'язку з подією. В [3] роботі встановлено розрив між дослідженнями якості даних та їх практичною реалізацією за допомогою детального дослідження того, як концепції вимірювання та моніторинг якості даних реалізуються в сучасних інструментах.

Постановка задачі

У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів інформації бізнес, наука та державні інституції дедалі частіше орієнтуються на великі дані (Big Data) як основне джерело для прийняття рішень. Однак практика показує, що наявність масштабних наборів даних не завжди гарантує точність, релевантність чи ефективність аналітичних висновків. У багатьох прикладних ситуаціях більш цінними можуть бути невеликі, структуровані та якісні масиви інформації — Small Data — які легше інтерпретувати, швидше обробляти та простіше інтегрувати у процес прийняття рішень.

Проблема полягає у тому, що сучасні організації часто переоцінюють роль великих даних, інвестуючи ресурси у складні системи збору й аналізу Big Data, ігноруючи потенціал малих, але високоякісних даних. Це призводить до перевантаження інформацією, ускладнення аналітичних процесів, зниження точності прогнозів та прийняття рішень, які не відповідають реальним потребам.

Отже, основна задача полягає у визначенні того, у яких умовах та для яких типів управлінських, бізнесових або аналітичних рішень Small Data може забезпечувати більшу ефективність, ніж Big Data, а також у розробці підходів, що дозволяють підвищити точність та швидкість прийняття рішень завдяки використанню високоякісних малих даних.

Виклад основного матеріалу

Величезні обсяги інформації часто містять частку нерелевантних, надмірних, або таких, на які не можна надмірно покладатися, даних. Більше того, якщо інформація бінарна (тобто має лише 2 стани, наприклад, «так/ні»), то є можливість знизити розміри вибірок без будь-якої втрати якості. Так наприклад, якщо є вибірка навчальної групи, яка зазнає впливу певної кількості бінарних станів, то буде помилковим вважати, що нам потрібна та кількість інформації що описує всю навчальну групу, достатньо лише тієї кількості що відповідає кількості станів, в разі якщо вони бінарні. В медицині бінарними можуть бути події смерті (людина або ще живе, або вже померла), різних раптових станів (інсульту, перелому, людина його або зазнавала, або ні). В таких випадках достатньо інформації лише за кількістю всіх відомих станів. Якщо їх 10, а пацієнтів 2000, то ефективний розмір вибірки становитиме 10, а не 2000, так як ці стани відбуваються за якимись загальними відомими принципами у всіх [2]. І оскільки Small Data може реалізовуватися у вигляді збору даних відповідей з онлайн-форм, до прикладу, а форма може містити питання «Чи задоволені ви.. чимось?», що є бінарним запитанням, то для того, щоб проаналізувати ступінь незадоволення, необов'язково записувати кожну таку відповідь, достатньо загальної цифри.

Щодо самої якості даних, звісно в контексті Small Data, її значно легше забезпечити ніж у **Big Data**, через менші обсяги, менший час забезпечення, меншу кількість постачальників тощо. А її забезпечення торкається відразу декількох аспектів, так як поняття якості є багатовимірним, зокрема [1, 3] :

1) точність (accuracy) — коректність представлення даних реального світу, близькість між поданням даних та тим що реально існує;

2) надійність (reliability) — класифікація різних причин несправності, враховуючи комплексність робочих умов. Комплексність передбачає, що ми працюємо в умовах впливу багатьох факторів і не завжди зрозуміло який з них чи комбінація яких з них призводить до несправностей;

3) повнота (completeness) — наявність всіх атрибутів у даних. При зборі даних у big data від багатьох постачальників, в одних постачальників можуть бути непередбачені одні атрибути (шкідливі звички, чи побічна реакція на препарати), в інших якісь інші (генетика чи рівень цукру), через що будуть постійні null значення, зокрема через дещо різну призначеність наборів даних;

4) узгодженість (consistence) — дані з різних джерел гармонійно поєднуються між собою;

5) релевантність (relevance) — персоналізованість, те, наскільки дані підходять для вирішення конкретного завдання, ключовий вимір якості даних. Цього часто не вистачає **Big Data** рішенням. В медичному контексті, пацієнту з дуже рідкісним захворюванням (синдром Протея — надмірне розростання тканин, прогерія — прискорене старіння у дітей, 1 випадок на 18млн. дітей) не надто цікаво знати про інші не надто подібні захворювання, а по його захворюванню практичної інформації на основі інших пацієнтів мало, так як воно рідкісне;

6) своєчасність (timeliness) — актуальність, здатність підтримувати правильне прийняття рішень в умовах швидкозмінних процесів в динамічних системах підтримки прийняття рішень. В системах, базованих на big data, частина даних є legacy, тобто застарілими, і якщо СППР динамічної природи, то такі дані будуть нерелевантні;

Перелічені виміри якості є фактично «твердими вимірами», тобто такими, що можна виміряти об'єктивно. В кожному конкретному випадку можуть існувати і «м'які виміри», які є радше суб'єктивними оцінками і не можуть бути об'єктивно виміряні [3].

Висновки

Отже, в системах підтримки прийняття рішень немає сталої ефективності від прийнятих рішень в розрахунку на одиницю доступних даних, які були використані для таких рішень. Тому доцільно прагнути в першу чергу до підвищення якості рішень в першу чергу за рахунок підвищення якості даних, а не кількості, особливо в сферах де потенційний розмір інформації

сильно обмежений авторськими правами чи конфіденційністю, або ж взагалі є фізично малим від природи.

Перелік джерел посилання

1. Exploring the impact of data quality on decision-making processes in information intensive organizations. Isaac Khong, Natasya Aprila Yusuf, Arbi Nuriman, Ahmad Bayu Yadila. Vol. 7, No. 3, 2023, pp. 253~260 Url: https://surl.li/ybopma (дата звернення: 17.11.2025).
2. Sufficient data. Eugene H. Blackstone. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery c November 2016. Url: https://surl.li/goubtm (дата звернення: 17.11.2025).
3. A survey of data quality measurement and monitoring tools. Lisa Ehrlinger, Wolfram Wöß. Url: https://surl.li/rvlfrz (дата звернення: 17.11.2025).

УДК 330.46:519.87

Місік І. В.,
студент 1 курсу магістратури спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»

Фант М. О.,
к.ф.н., доцент кафедри інженерії програмного забезпечення

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ

Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

Постановка проблеми

В тезах розглядаються нейромережеві рішення розпізнавання людського обличчя на зображеннях і відео. Структура, принципи та характерні ознаки, на які спираються сучасні нейромережі. Розпізнавання облич залишається актуальним напрямом через його ключову роль у сучасних технологіях контролю доступу, автоматизованого спостереження та цифрової ідентифікації. Попри значний прогрес у розвитку нейронних мереж, залишається низка проблем, пов'язаних із забезпеченням високої точності та швидкодії розпізнавання в реальних умовах. Проблема полягає у відсутності універсального рішення, яке б одночасно забезпечувало високу точність ідентифікації, стабільність роботи у складних умовах та придатність до використання у системах реального часу. Існуючі моделі вирішують лише окремі аспекти завдання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботі аналізуються три відомі підходи: SCRFD як високопродуктивний детектор облич, ArcFace як точний ідентифікатор, та CRNN як гібридна архітектура для послідовної обробки відео.

ArcFace (ідентифікація обличчя) є одним із найефективніших сучасних підходів до розпізнавання облич. Вона базується на спеціальній функції втрат із додатковим кутовим відступом, яка додатково розширює кутову відстань між ознаками різних людей. Це забезпечує здатність моделі впевнено відрізняти між собою навіть максимально подібні обличчя. За рахунок цього ArcFace демонструє виняткову роздільну здатність отриманих векторів ознак [1]. Експерименти показують, що моделі, натреновані з ArcFace, досягають дуже високої точності: MobileFaceNet з ArcFace досягає 99,55% на LFW та 92,59% на MegaFace [3]. Крім високої точності, ArcFace залишається обчислювально ефективною забезпечуючи високу швидкодію на мобільних пристроях [3]. У порівнянні з іншими методами розпізнавання, ArcFace стабільно перевершує їх по продуктивності [1]. У контрольованих умовах ArcFace забезпечує найвищу точність розпізнавання [4]. Водночас за складніших умов: низька роздільна здатність, затемнення, вже існують більш спеціалізовані методи, але для стандартних сценаріїв ArcFace залишається еталонним рішенням.

SCRFD (детекція обличчя) – сучасний CNN-детектор обличчя від InsightFace з високою швидкодією та точністю. Його автори пропонують стратегії Sample Redistribution та Computation

Redistribution для оптимального навчання і розподілу обчислень у архітектурі [2, 5]. У результаті SCRFD досягає видатних показників на стандартному наборі WIDER FACE: модель SCRFD-34GF перевершує конкурента TinaFace за метрикою precision-recall на складній підмножині на ~3.86% і при цьому працює у 3 рази швидше на GPU [2, 5]. Таким чином SCRFD забезпечує оптимальне співвідношення швидкодії й точності при виявленні обличчя. Цей детектор стійкий до змін масштабу, часткового перекриття та інших складнощів завдяки багаторівневій обробці образів [2]. SCRFD є у відкритому доступі та широко застосовується у системах реального часу через легку інтеграцію і високу ефективність.

CRNN (аналітик відеопослідовностей) – гібридна мережа, яка поєднує згорткові шари (CNN) з рекурентними (RNN, LSTM). Така архітектура здатна аналізувати послідовність кадрів, враховуючи тимчасовий контекст між ними. У задачах розпізнавання облич такий підхід особливо корисний для відеопотоків, оскільки модель здатна враховувати інформацію з попередніх кадрів, що підвищує точність ідентифікації навіть за умов часткового перекриття чи зміни положення обличчя. У визначенні ключових точок обличчя поєднання CNN та LSTM продемонструвало кращі результати порівняно з традиційними методами як на відео, так і на окремих зображеннях [6]. Крім того, дослідження підтверджують, що інтеграція згорткових мереж із RNN або трансформерними модулями дозволяє ефективно відстежувати та ідентифікувати обличчя у послідовності кадрів. Недолік такого підходу у більшій обчислювальній складності порівняно з чистим CNN, але він краще справляється із динамікою сцени та змінами умов у відео. CRNN доцільний у застосунках, де важлива стійкість до руху, тимчасових змін або часткового маскування.

Постановка задачі

У результаті виникає практична й теоретична потреба визначити таку архітектуру, що здатна об’єднати сильні сторони різних підходів і забезпечити раціональне співвідношення між точністю, швидкодією та обчислювальними ресурсами під час розпізнавання облич на зображеннях та у відеопотоці.

Виклад основного матеріалу

Порівнювати ArcFace, SCRFD і CRNN безпосередньо складно і нераціонально, оскільки це рішення для різних підзадач. Однак з огляду на продуктивність можна зробити висновки: ArcFace демонструє найвищу точність при розпізнаванні осіб на окремому зображенні. Модель демонструє високу стійкість до варіацій положення обличчя, умов освітлення та часткового перекриття, що робить її фактичним стандартом у задачах ідентифікації. SCRFD в свою чергу найефективніший детектор осіб: він швидкий і точний на складних наборах, значно випереджаючи конкурентів. Таким чином комбінація SCRFD + ArcFace утворює повноцінну систему: спочатку SCRFD виявляє обличчя в кадрі, а потім ArcFace порівнює отримані вектори ознак з базою для ідентифікації. Щодо CRNN, то такі моделі можуть покращувати розпізнавання у відео-сценаріях за рахунок аналізу динаміки кадрів. Їхні сильні сторони проявляються переважно у завданнях довготривалого відстеження та стабілізації результатів за наявності шуму чи частих перешкод у відеопотоці. Сучасні публікації з розпізнавання в реальному часі найчастіше рекомендують виділяти детекцію та ідентифікацію окремо, використовуючи оптимальні підметоди для кожної.

Висновки

Проаналізовані нейромережеві підходи засвідчують, що універсального рішення для всіх сценаріїв не існує. Кожна модель створена під свою окрему підзадачу й досягає найкращих результатів саме в ній. ArcFace демонструє найвищу точність при ідентифікації облич, що підтверджено широким спектром експериментальних досліджень. SCRFD, своєю чергою, виступає одним із найефективніших інструментів для детекції обличчя. Він упевнено працює навіть у складних умовах та помітно переважає конкурентів як за точністю, так і за швидкодією. Для аналізу відеопослідовностей CRNN дає перевагу за рахунок врахування часового контексту, але потребує більших обчислювальних потужностей. Найбільш раціональним рішенням на сьогодні виступає поєднання двох методів: SCRFD використовується для виявлення облич у кадрі, а ArcFace для їх подальшої ідентифікації, що робить таку зв’язку особливо ефективною для систем безпеки та відеоспостереження. Подібна інтеграція дає змогу об’єднати переваги обох моделей, досягаючи високої точності та стабільної роботи в режимі реального часу. Незважаючи на це, для задач із

особливо динамічними чи шумними відеопотоками варто досліджувати використання гібридних моделей з RNN-компонентом, що дозволяють краще згладжувати результат у послідовності кадрів.

Перелік джерел посилання

1. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition / J. Deng та ін. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2021. С. 1. URL: https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3087709 (дата звернення: 18.11.2025).
2. Guo J., Deng J., Lattas A., Zafeiriou S. Sample and Computation Redistribution for Efficient Face Detection (SCRFD). arXiv preprint arXiv:2105.04714, 2021. URL: https://arxiv.org/abs/2105.04714 (дата звернення: 18.11.2025).
3. WIDER FACE: A Face Detection Benchmark / S. Yang та ін. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), м. Las Vegas, NV, USA, 27–30 черв. 2016 р. 2016. URL: https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.596 (дата звернення: 18.11.2025).
4. Keren G., Schuller B. Convolutional RNN: An enhanced model for extracting features from sequential data. 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), м. Vancouver, BC, Canada, 24–29 лип. 2016 р. 2016. URL: https://doi.org/10.1109/ijcnn.2016.7727636 (дата звернення: 18.11.2025).
5. MobileFaceNets: Efficient CNNs for Accurate Real-Time Face Verification on Mobile Devices / S. Chen та ін. Biometric Recognition. Cham, 2018. С. 428–438. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97909-0_46 (дата звернення: 18.11.2025).
6. Huang G. B., Ramesh M., Berg T., Learned-Miller E. Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments. Technical Report 07-49, University of Massachusetts, Amherst, 2007. URL: https://people.cs.umass.edu/~elm/papers/lfw.pdf (дата звернення: 18.11.2025).

УДК 004.85:004.54

Міщенко А. А.,
аспірант кафедри цифрових технологій в енергетиці

Шушура О. М.,
д. т. н., професор кафедри цифрових технологій в енергетиці

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ В ЛОГАХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

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

Постановка проблеми

У сучасному світі комп’ютерні системи, зокрема розподілені та мікросервісні архітектури, генерують великі потоки операційних даних такі як логи та метрики. Аналіз цієї інформації дозволяє спеціалістам відслідковувати стан системи, завчасно виявляти проблеми та знаходити першопричини їх виникнення. Для автоматизації цього процесу використовуються системи, що використовують моделі глибокого навчання. Вони мають гарні результати виявлення аномалій на еталонних даних, однак стикаються з критикою під час практичного застосування через дві ключові проблеми: не можуть пояснити причини своїх рішень, що підриває довіру до результатів з боку спеціалістів; втрачають свою ефективність, коли поведінка системи часто змінюється,

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні дослідження у галузі виявлення аномалій у логах базуються на підходах із використанням глибокого навчання: моделі на основі рекурентних (LSTM) та трансформерних архітектур. Дослідження вказують на їх ключовий недолік: нездатність адаптуватися до змін у

даних [1]. Інше дослідження на основі опитування 312 інженерів визначає основні потреби: понад 78% готові впроваджувати автоматизовані інструменти в свої системи за умови, що вони будуть надавати пояснення щодо виявлених аномалій; понад 74% мають доступ до мультимодальних даних (логи та метрики), однак цей аспект ігнорується в наукових роботах [2]. Вирішенням проблем може бути використання альтернативного підходу для виявлення аномалій у логах із використанням нечіткої логіки, зокрема еволюційних нечітких класифікаторів (eGFC) [3].

Постановка задачі

Метою цього дослідження є розробка нової інформаційної технології для виявлення аномалій у логах з можливістю інтерпретації результатів та моделювання невизначеності вхідних даних на основі нечіткої логіки.

Основні задачі включають:

1. Аналіз існуючих методів та засобів для виявлення аномалій у комп'ютерних системах.
2. Розробка методу попередньої обробки мультимодальних даних.
3. Розробка нейро-нечіткої моделі для виявлення аномалій.
4. Вдосконалення нейро-нечіткої моделі за допомогою еволюційних нечітких класифікаторів.
5. Реалізація прототипу системи та його тестування і порівняння на еталонних даних.

Виклад основного матеріалу

Сучасні моделі глибокого навчання для виявлення аномалій у логах, зокрема DeepLog, навчаються на нормальних послідовностях подій та вважають відхилення аномаліями. Наприклад, LSTM-мережа намагається передбачити наступну подію e_{t+1} у послідовності на основі попередніх подій, які представляються вектором прихованого стану e_t:

$$h_t, c_t = LSTM(e_t, h_{t-1}, c_{t-1}) \quad (1)$$

У формулі 1, e_t – векторне представлення поточної події, h_t та c_t – прихований стан та стан комірки пам'яті. Подія вважається аномальною, якщо вона не входить до топ N прогнозів. Даний підхід є точним, однак те, як він визначає аномалію – залишається непрозорим. Це суперечить вимогам 78% опитаних практиків. Також, ця модель не вміє адаптуватися до змін у поведінці системи, оскільки керується лише тою інформацією на якій її навчили. Знаходження нових невідомих аномалій вимагає повного перенавчання моделі, що є дороговартісним процесом.

Тому для вирішення вказаних проблем у дослідженні пропонується створити фреймворк, який би базувався на нечіткій логіці та еволюційний обчисленнях. Використовуючи даний підхід можна вирішити три ключові проблеми на які вказують практики.

Насамперед пропонується реалізувати формальну модель представлення стану системи, що дозволить аналізувати не лише логи системи, а й агреговані показники продуктивності, наприклад, завантаженість CPU чи RAM, затримку мережі. Ці дані збиратимуться у часові вікна, де будуть перетворюватися на єдиний вектор стану системи s.

$$s = [f_1, f_2, \dots, f_n, m_1, m_2, \dots, m_k] \quad (2)$$

У формулі 2, $f_1, \dots, f_n$ – вектор частот шаблонів логів, наприклад, $freq(\log\_templ\_1)$; а $m_1, \dots, m_k$ – вектор агрегованих показників продуктивності, наприклад, $avg(CPU), \max(Latency)$.

Для вирішення проблеми інтерпретованості результатів роботи моделі пропонується використовувати зрозумілу для людини базу нечітких правил «ЯКЩО-ТО». Це дозволить практикам дізнатися, чому саме певна подія вважається аномалією. Кожен s фазифікується, перетворюючись на лінгвістичні змінні, наприклад, $CPU\ is\ High$. У результаті система приймає рішення на основі правил. Прикладами таких правил є:

$$R1: \text{ЯКЩО } (freq(DB\_ERROR))\ IS\ HIGH) \text{ І } (Latency\ is\ High) \text{ ТО } (State\ is\ Anomalous)$$

$$R2: \text{ЯКЩО } (freq(DB\_ERROR)\ is\ Low) \text{ І } (CPU\ is\ Medium) \text{ ТО } (State\ is\ Normal)$$

Використання нейро-нечітких систем дозволить генерувати правила автоматично, що зробить систему універсальною, та на відміну від DL моделей, результати роботи запропонованої моделі можна буде зрозуміти. Для пристосування до змін у поведінці середовища – пропонується

використати еволюційну нечітку систему [4], оскільки вміє навчатися на онлайн даних, та дозволить уникнути використання статичної бази правил.

Висновки

У результаті проведеного дослідження було розглянуто сучасні підходи аналізу логів. Популярним рішенням на сьогодні є використання моделей глибокого навчання. Проте вони мають свої недоліки на які вказують практики під час опитувань. На основі цього було запропоновано новий підхід виявлення аномалій у роботі системи. Під час аналізу використовувати не тільки логи, а й інші показники системи. Даний підхід базується на використанні нечіткої логіки, що дозволить вирішити проблему з інтепретованістю результатів, а також дозволить моделі адаптуватися до змін у поведінці системи.

Перелік джерел посилання

1. Landauer M., Onder S., Skopik F., Wurzenberger M. Deep Learning for Anomaly Detection in Log Data: A Survey. URL: https://arxiv.org/abs/2207.03820 (date of access: 08.11.2025).

2. Ma X., Li Y. Practitioners' Expectations on Log Anomaly Detection. URL: https://arxiv.org/html/2412.01066v1 (date of access: 08.11.2025).

3. Barata L., Sequeria S. Predictive Maintenance based on Log Analysis: A Systematic Review. Revista De Informatica Teorica E Aplicada. 2024. Vol. 31, no. 1. P. 60—67. URL: https://seer.ufrgs.br/index.php/rita/article/view/130465/91516 (date of access: 08.11.2025).

4. Vanegas S. Systematic Review of Forecasting Models Using Evolving Fuzzy Systems. Computation. 2024. Vol. 12, no. 8. P. 159—174. URL: https://www.mdpi.com/2079-3197/12/8/159 (date of access: 08.11.2025).

УДК 004.4

Пастухов О. К.,
здобувач кафедри інженерії програмного забезпечення, ipz224_pok@student.ztu.edu.ua

Савіцький Р. С.,
ст. викладач кафедри інженерії програмного забезпечення, roman.savitskyi@gmail.com

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ GRAPHQL І HATEOAS У РОЗРІЗІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ СУЧАСНИХ API

Державний університет «Житомирська політехніка»

Постановка проблеми

На тлі зростання популярності GraphQL у спільноті розробників часто підкреслюють його переваги, зокрема гнучку вибірку полів і скорочення кількості мережевих звернень у складних інтерфейсах. GraphQL розглядають як альтернативу та доповнення до REST. Припущення про повну заміну REST не є коректним, адже підходи розв'язують різні задачі і часто застосовуються паралельно. Розглянемо відмінності і компроміси GraphQL та HATEOAS у площинах архітектури, продуктивності, безпеки та підтримки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

GraphQL застосовують у системах із великою кількістю взаємозв'язків між даними, які фактично утворюють графову структуру, де об'єкти виступають вузлами, а відношення між ними описуються ребрами. Основна ідея полягає у використанні єдиної точки входу та декларативних запитів до типізованої схеми. Клієнт формує запит і отримує лише потрібні поля без надлишку або браку даних [1]. Емпіричні дослідження у безсерверних сценаріях показують, що за високої латентності та складних проєкцій GraphQL скорочує кількість раундтріпів і може зменшувати витрати у порівнянні з REST [2].

Постановка задачі

Задачею даної роботи є здійснення порівняльного аналізу підходів GraphQL і HATEOAS у контексті архітектурних рішень сучасних API. Потрібно окреслити їх ключові відмінності, переваги та обмеження, а також визначити, в яких сценаріях кожен із підходів забезпечує найвищу ефективність. Окрему увагу приділено аспектам продуктивності, еволюції контрактів, кешування та безпеки, що дозволяє сформувати цілісне бачення їх практичного застосування.

Виклад основного матеріалу

Дослідження схеми та складання запитів полегшують GraphiQL і клієнтські бібліотеки, що пришвидшує інтеграції. Водночас частина складності переноситься на бекенд, тому схема має залишатися узгодженою з доменною моделлю. Для кожного поля та для кожної операції визначають окремі резолвери. Щоб уникати зайвих вибірок і втрат продуктивності, сервер аналізує дерево запиту та формує точні проєкції полів. Інакше зростають час відповіді і споживання пам'яті. Типову проблему N+1 пом'якшують батчинг і кешування на рівні резолверів, зокрема за допомогою DataLoader. У складних агрегованих вибірках це не завжди усуває потребу в додатковій оптимізації доступу до джерел даних. Для стабільної експлуатації корисно відстежувати профілі виконання резолверів та збирати базові метрики, наприклад середній час відповіді, кількість викликів до джерел та частку кеш-хітів.

Кешування у GraphQL працює інакше, ніж у ресурсних REST-інтерфейсах. Через одну точку входу складно застосувати ETag, Last Modified і умовні запити на рівні окремих ресурсів, тож використовують persisted queries, клієнтські кеші та узгоджені правила GraphQL over HTTP [1]. Іменовані попередньо збережені запити стабілізують трафік і роблять поведінку запитів передбачуваною. Еволюцію контракту ведуть через схему, де застарілі поля позначають і поступово вилучають, що зазвичай знімає потребу у жорсткому версіонуванні ендпоінтів.

Безпека у GraphQL потребує окремих механізмів контролю. Практикуються обмеження глибини та складності запитів, тротлінг, контроль або обмеження інтроспекції, а також валідація вводу для зниження ризику відмови в обслуговуванні. Додатково застосовуються політики доступу на рівні полів і операцій, що обмежує виконання дорогих проєкцій і зменшує ризики витоку чутливих даних [3].

HATEOAS розглядається як розширення REST-підходу з включенням у відповідь сервера гіпермедійних керувальних елементів. Клієнт отримує стан ресурсу та допустимі подальші дії у вигляді посилань або команд [4]. Така модель знижує жорстке зв'язування з наперед заданими URI та забезпечує самодокументованість взаємодії. Підхід узгоджується з семантикою HTTP, що спрощує застосування стандартного кешування за допомогою ETag, Last-Modified та 304 Not Modified, а також масштабування через CDN. У сценаріях з визначеними процедурами, наприклад у документообігу або при наданні послуг, це дозволяє описувати процес у вигляді дозволених переходів між станами ресурсу.

Слабкою стороною HATEOAS є менш уніфікований інструментарій порівняно з екосистемою GraphQL. Формати гіпермедіа, угоди щодо структури відповіді і перевірка наявності потрібних дій часто визначаються локально в межах системи. Для зменшення варіативності застосовуються поширені формати на кшталт HAL, а також тести, які перевіряють наявність очікуваних переходів у конкретних станах ресурсу [4]. Еволюція контракту за HATEOAS здебільшого досягається через зміни у гіпермедійних підказках без явних мажорних версій.

Висновки

Підсумок порівняння показує, за яких умов кожен підхід працює краще. GraphQL орієнтується на динамічні клієнтські запити до складно пов'язаних моделей та зменшення кількості мережевих звернень шляхом вибірки потрібних полів. Основні витрати припадають на підтримку схеми, контроль складності запитів і специфічні стратегії кешування. HATEOAS орієнтується на керованість процесу та опис допустимих переходів між станами ресурсу. Підхід природно поєднується з HTTP-кешем і зменшує потребу в модифікаціях клієнтів під час зміни регламентів, але залежить від локальних угод і тестування цих угод. У разі простих ресурсів із прозорими маршрутами та ефективним HTTP-кешем зберігається доцільність REST з HATEOAS. За наявності агрегованих представлень, різнорідних клієнтів та вимоги мінімізувати кількість звернень

застосовується GraphQL як шар агрегації над кількома сервісами. Обидва підходи можуть існувати у межах однієї системи.

Перелік джерел посилання

1. GraphQL Foundation. Serving over HTTP. URL: https://graphql.org/learn/serving-over-http/ (дата звернення: 06.11.2025).

2. Jin, R.; Cordingly, R.; Zhao, D.; Lloyd, W. GraphQL vs. REST: A Performance and Cost Investigation for Serverless Applications // Proceedings of the 10th International Workshop on Serverless Computing (WOSC'24) / ACM, 2024. URL: https://faculty.washington.edu/wlloyd/papers/wosc2024-final73.pdf (дата звернення: 06.11.2025).

3. OWASP Foundation. GraphQL Security Cheat Sheet, 2025 URL: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/GraphQL_Cheat_Sheet.html (дата звернення: 06.11.2025).

4. Richardson, M. Components of a Hypermedia System // Hypermedia Systems, 2025. URL: https://hypermedia.systems/components-of-a-hypermedia-system/ — (дата звернення: 06.11.2025).

УДК 681.3.07

Прус О. В.,
аспірант кафедри програмного забезпечення

Майданюк В. П.,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмного забезпечення

ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОРЕСУРСНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ У ПРОМИСЛОВІ CI/CD-ПРОЦЕСИ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

У сучасних умовах цифровізації продуктивність веб-інтерфейсів перетворюється з другорядного нефункціонального показника на один із ключових критеріїв якості інформаційних систем. Час відгуку та стабільність роботи фронтенд-компонентів безпосередньо впливають на поведінку користувачів, конверсію, економічні показники сервісів і виконання договірних зобов'язань щодо рівня обслуговування. Водночас більшість промислових проєктів досі працюють із продуктивністю переважно реактивно: проблеми виявляються постфактум за результатами поодиноких тестувань або на підставі скарг користувачів.

Ситуація ускладнюється тим, що у великих веб-системах з розгалуженою фронтенд-архітектурою (SPA, багатопроєктні та монорепозиторні рішення) одночасно застосовується багато технік оптимізації: кешування, підказки ресурсів, сучасні формати мультимедіа, скорочення й декомпозиція JavaScript, оптимізація маршруту завантаження тощо. Відсутність формалізованої моделі, яка б узгоджено описувала внесок цих змін у загальну продуктивність, призводить до неефективного використання ресурсів, дублювання зусиль і труднощів із довгостроковим плануванням.

З практичного погляду проблема тісно пов'язана з впровадженням інноваційних цифрових технологій у процеси розробки: сучасні організації активно переходять до CI/CD-підходів, коли релізи відбуваються часто, а кожна зміна має бути оцінена з точки зору ризиків і користі. З наукової позиції актуальним є питання побудови та валідації моделей, здатних поєднати багаторесурсну природу критичного шляху у веб-інтерфейсах, перцентильні UX-метрики та факторні схеми експериментів у єдиній методиці, придатній до автоматизованого використання [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У літературі з продуктивності веб-систем можна виділити кілька стійких напрямів. Один із них стосується емпіричних рекомендацій щодо оптимізації часу завантаження сторінок,

використання кешування, ресурсних підказок (preload, preconnect), сучасних форматів зображень, оптимізації JavaScript-бандлів тощо. Такі роботи, як правило, демонструють ефект окремих технік на базових метриках, але рідко переходять до формалізованих моделей, які дозволяють прогнозувати сукупний вплив багатьох змін [3].

Другий напрям пов'язаний з розвитком і стандартизацією UX-метрик, орієнтованих на реальний досвід користувача. Зокрема, метрики Largest Contentful Paint (LCP) та Interaction to Next Paint (INP) закріпилися як ключові показники чутливості інтерфейсу. Водночас більшість практичних гайдів концентрується на описі причин погіршення цих метрик і переліченні можливих оптимізацій, не пропонуючи системних засобів кількісного планування [4].

Третій важливий пласт публікацій стосується застосування класичних і узагальнених форм закону Амдала до складних обчислювальних систем. У цих роботах показано, що продуктивність системи може бути описана через частки часу окремих етапів та локальні прискорення, а також розглядається можливість врахування взаємодій між оптимізаціями. Однак безпосереднє перенесення цих підходів у контекст веб-інтерфейсів у поєднанні з перцентильними UX-метриками та CI/CD-практиками опрацьовано недостатньо [5-6].

Окремі дослідження присвячені організації факторних експериментів у складних технічних системах, включно з павутинними застосунками. Вони демонструють, що плани типу $\mathbf{2^k}$придатні для оцінювання головних ефектів і попарних взаємодій, але питання інтеграції таких підходів у промислові пайплайни збірки та деплою залишається відкритим.

Виділення невирішених частин загальної проблеми

На основі проведеного аналізу можна виокремити кілька аспектів, які залишаються недостатньо дослідженими і мають важливе наукове та практичне значення.

По-перше, попри широке використання перцентильних UX-метрик у практиці веб-розробки, відсутні усталені методики, що дозволяють пов'язати їх із параметрами формальної моделі продуктивності (наприклад, частками часу різних етапів критичного шляху). Це ускладнює перехід від «заміряти» до «передбачати».

По-друге, існує розрив між локальними оптимізаційними рішеннями (вибір конкретної техніки для одного маршруту) та системним управлінням продуктивністю у масштабі всього продукту або портфеля продуктів. Необхідні інструменти, які дозволили б звести ефекти окремих змін до спільного простору параметрів і використовувати їх при пріоритизації задач та формуванні дорожніх карт оптимізацій.

По-третє, недостатньо розроблені питання технологічної інтеграції моделей продуктивності у CI/CD-конвеєри. На практиці це означає, що навіть за наявності теоретично обґрунтованої моделі залишається незрозумілим, як саме вбудувати її в процеси збірки, тестування й деплою та як поєднати з існуючими системами моніторингу. Саме вирішенню цих невирішених частин проблеми присвячено дані тези.

Постановка задач

Метою дослідження є обґрунтування та опис методики впровадження багаторесурсної моделі продуктивності веб-інтерфейсів у промислові CI/CD-процеси для підтримки кількісно обґрунтованого планування оптимізацій.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішити такі задачі:

– сформувати модель, яка дозволяє подати час до цільових подій у веб-інтерфейсі як суму нормованих внесків окремих етапів (мережевих, обчислювальних, рендерингових) із можливістю врахування впливу технік оптимізації;

– розробити процедуру емпіричного оцінювання параметрів моделі на основі трас Chrome trace/HAR, даних моніторингу реальних користувачів та факторних експериментів із перцентильними UX-метриками;

– запропонувати архітектурну схему інтеграції моделі в CI/CD-конвеєр, що забезпечує прогнозування впливу «пакетів» оптимізацій на LCP та INP до їхнього впровадження;

– окреслити практичні рекомендації щодо використання отриманої методики для планування та контролю оптимізацій продуктивності у багатопроєктних веб-системах.

Виклад основного матеріалу

У рамках дослідження критичний шлях у веб-інтерфейсі розглядається як послідовність етапів, кожен з яких споживає частину загального часу до настання цільової події (наприклад, відображення основного контенту чи завершення обробки взаємодії). На першому кроці базовий стан системи аналізується за даними трас Chrome trace/HAR: події групуються у кілька узагальнених категорій (мережа, JS/CPU, рендеринг, інші процеси), для яких обчислюються медіанні значення часу. Нормування цих внесків до одиниці дозволяє представити структуру критичного шляху у вигляді вектора часток, що надалі використовується як «портрет» продуктивності для конкретної конфігурації середовища.

Наступний етап полягає в оцінюванні впливу технік оптимізації. Для цього застосовуються факторні експерименти типу $\mathbf{2^k}$, у яких набори технік («увімкнено/вимкнено») комбінуються згідно з попередньо спроєктованим планом. Для кожної комбінації збираються значення перцентильних UX-метрик, насамперед LCP та INP, у лабораторних та/або наближених до реальних умовах. Побудова регресійних залежностей у лог-просторі перцентилів дозволяє оцінити вплив окремих технік та їх попарних взаємодій. Отримані коефіцієнти трактуються як параметри, що модифікують базову структуру часу, і в подальшому використовуються для прогнозування [1].

Окрему увагу приділено питанням надійності оцінок. Для цього використовуються бутстреп-процедури, що дозволяють побудувати довірчі інтервали для параметрів, а також калібрувальні регресії «факт → прогноз», які виявляють можливі систематичні зміщення. За результатами таких перевірок формується критерій достатньої точності моделі для практичного застосування у CI/CD-процесах; орієнтиром є похибки на рівні декількох відсотків для цільових перцентилів [2].

На завершальному етапі модель інтегрується в конвеєри збірки та доставки. У процесі планування релізу команда розробки вказує, які оптимізації планується застосувати. На основі актуальних параметрів модуль продуктивності обчислює очікуваний вплив «пакета» змін на LCP та INP у різних стратах середовища (тип пристрою, мережа, стан кешу). Це дозволяє сформувати звіт із прогнозами, який може бути використаний як додатковий критерій для прийняття рішення про включення змін до релізу. Після розгортання фактичні перцентилі, отримані з даних моніторингу реальних користувачів, порівнюються з прогнозом; розбіжності використовуються для уточнення параметрів моделі та експериментального дизайну.

Такий підхід забезпечує замкнений цикл: від побудови формальної моделі й оцінювання її параметрів до практичного використання в CI/CD та зворотного зв’язку з реального середовища. У результаті продуктивність перестає бути суто «діагностичною» характеристикою й перетворюється на повноцінний об’єкт планування, керування та документування [7].

Висновки та рекомендації

Проведене дослідження демонструє, що впровадження багаторесурсних моделей продуктивності веб-інтерфейсів у промислові CI/CD-процеси є перспективним напрямом розвитку сучасних цифрових технологій. Поєднання формального опису критичного шляху, перцентильних UX-метрик та факторних експериментів дозволяє перейти від переважно емпіричного підходу до продуктивності до системного, модельно орієнтованого управління.

Отримані результати свідчать, що при належному налаштуванні процедури збору даних та оцінювання параметрів можна досягти точності прогнозування впливу «пакетів» оптимізацій на LCP та INP, достатньої для використання у практиці планування релізів. Це, своєю чергою, дає змогу пріоритизувати задачі оптимізації за очікуваним ефектом, зменшити ризик неефективних змін та підвищити прозорість комунікацій між командами розробки, тестування й експлуатації.

Рекомендовано на практиці приділяти особливу увагу стандартизації процесів збору трас, стратифікації даних за типами пристроїв і мережевими умовами, а також регулярному перегляду параметрів моделі після суттєвих змін архітектури чи контенту. Доцільним є також поступове впровадження інструментальних засобів, які автоматизують основні кроки методики та інтегрують її у вже наявні CI/CD-стеги. Перспективним напрямом подальших робіт є розширення підходу на інші UX-метрики та адаптація методики до різних класів веб-систем із урахуванням специфіки їхніх бізнес-вимог.

Перелік джерел посилання

1. Прус, О.В., Майданюк, В.П. Емпіричне оцінювання параметрів узагальненого закону Амдала у веб-інтерфейсах. Measuring and computing devices in technological processes, (3), 479–490. https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-83-60 URL: https://vottp.khmnu.edu.ua/index.php/vottp/article/view/649
2. Prus O., Maidaniuk V. Optimising web interface performance using Amdahl's law // Bulletin of Cherkasy State Technological University. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 88–96. – DOI: https://doi.org/10.62660/bcstu/2.2025.88. – URL: https://bulletin-chstu.com.ua/uk/journals/tom-31-2-2025/optimizatsiya-produktivnosti-veb-interfeysiv-iz-vikoristannyam-zakonu-amdala
3. Mitton, L. (2023, November). Amdahl's law: understanding the basics. Retrieved from https://www.splunk.com/en_us/blog/learn/amdahls-law.html
4. Nair, A. M., CK, S., Sidharth, S., & KK, V. (2024, April). Dockerized application with web interface. International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology, 10(2), 412–419. https://doi.org/10.32628/CSEIT243646
5. Oh, S., Kwon, Y., & Lee, J. (2025). Optimizing real-time object detection in a multi-neural processing unit system. Sensors, 25(5), 1376. https://doi.org/10.3390/s25051376
6. Felani, R., Al-Azam, M. N., Adi, D. P., & Widodo, A. (2020, July). Optimizing virtual resources management using Docker on cloud applications. IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems, 14(3), 319. https://doi.org/10.22146/ijccs.57565
7. Прус О. В., Майданюк В. П., Арсенюк І. Р. Аналіз інструментів управління багатопроєктними середовищами: оптимізація розробки програмного забезпечення // Наукові праці ВНТУ. – 2024. – № 1. – С. 1–8. – URL: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/714/696

УДК 004

Расторгуєв В. С.,
аспірант 3 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Комп'ютерні науки»

Захарченко Р. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмних засобів і технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

У сучасних умовах розвитку логістики та зростання конкуренції на ринку перевезень підприємства стикаються зі значним збільшенням витрат на транспортування. Основними факторами, що впливають на рівень транспортних витрат, є нераціональне планування маршрутів, відсутність точного моніторингу транспортних засобів, низька ефективність управління вантажопотоками, недостатня автоматизація процесів та людський фактор.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В роботі [1] розглянута інтеграція штучного інтелекту в логістику, яка має важливе значення для компаній, які прагнуть підвищити ефективність, скоротити витрати і підвищити рівень задоволеності клієнтів. В [2] виділено п'ять основних тенденцій, які допомагають компаніям оптимізувати ланцюги поставок, таких як: генерації, етики та аудіо ШІ, комп'ютерний зір та розширена аналітика. В [3] роботі вказано на актуальність дій, направлених на зниження марнотратства, підвищення продуктивності й зниження витрат у ланцюгу поставок, що забезпечує розвиток координування як емерджентної функції ланцюга поставок і сприятиме формуванню відповідальності перед внутрішніми стейкхолдерами.

Постановка задачі

Попри наявність великої кількості інформаційних технологій (GPS-моніторинг, IoT-сенсори, системи управління транспортом (TMS), аналітичні інструменти, машинне навчання, Big Data), їх використання на багатьох підприємствах залишається фрагментарним або неефективним. Це зумовлює необхідність всебічного дослідження можливостей сучасних IT для зниження транспортних витрат.

Виклад основного матеріалу

В наш час є науково-прикладна проблема відносно того як забезпечити оптимізацію транспортних витрат підприємства шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій та методів аналітики. Для цього потрібно визначити ключові чинники, що формують транспортні витрати, проаналізувати сучасні IT-інструменти, здатні впливати на ці чинники, розробити модель або алгоритм оптимізації (наприклад, маршрутизації, завантаження транспорту, прогнозування витрат) та оцінити ефективність застосування таких технологій на практичному прикладі чи в моделюванні.

Сутність задачі полягає у встановленні, наскільки сучасні інформаційні технології можуть підвищити ефективність логістичних процесів та знизити загальні транспортні витрати підприємства, а також у визначенні оптимальних шляхів їх інтеграції в систему управління перевезеннями.

Сучасні інформаційні технології суттєво впливають на всі етапи транспортної логістики — від планування маршрутів до контролю доставки. На основі галузевих досліджень, аналітики логістичних компаній та впроваджених кейсів можна виділити **конкретні показники ефективності**, яких досягають підприємства завдяки IT.

Оптимізація маршрутів це економія в транспортній логістиці від 10 до 30 відсотків (пробіг автотранспортного засобу, споживання палива та час доставки) за рахунок використання оптимізаційних алгоритмів маршрутизації, завдяки використанню систем TMS, завдяки використанню GPS-моніторингу та прогнозуванню заторів.

IoT-рішення в транспортній логістиці дозволяють відстежувати витрати палива, контролювати температуру, вібрацію, попереджати поломки (predictive maintenance) та зменшувати нецільове використання транспорту.

Інформаційні системи управління транспортом (TMS) забезпечують автоматизацію планування відправок, оптимізацію завантаження транспорту, контроль виконання рейсів та аналітику витрат у реальному часі.

Аналітичні моделі прогнозують майбутні витрати на перевезення, попит у різні періоди, затримки і ризики та оптимальний тип транспорту.

Завдяки мобільним додаткам Cloud-платформам та мобільним додаткам водії та логісти швидше обмінюються інформацією, отримують електронні накладні та уникають ручного введення даних.

Сьогодні штучний інтелект перестав бути дивиною. У логістиці він працює щодня: прогнозує попит, підбирає вигідні маршрути й скорочує витрати. І що важливо — ці рішення доступні не лише світовим корпораціям. Українські компанії також впроваджують їх у свої процеси й отримують ті самі переваги.

В наш час дуже важлива інтеграція ШІ в транспортну логістику для компаній, які прагнуть підвищити ефективність, скоротити витрати і підвищити рівень задоволеності клієнтів. Від предиктивної аналітики та автоматизації до безпеки та стійкості ШІ - компанії можуть використовувати ШІ, щоб залишатися конкурентоспроможними. Ті, хто впроваджує штучний інтелект, користуються розумнішими, швидшими та ефективнішими ланцюгами поставок. З розвитком технології штучного інтелекту її застосування в логістиці буде розширюватися, що призведе до ще більших інновацій у галузі.

Основні напрями підвищення ефективності оптимізації транспортної логістики це використання сучасних інформаційних технологій, які є ключовим фактором оптимізації транспортних витрат. Завдяки аналітиці Big Data, машинному навчанню, IoT-сенсорам та TMS-

системам підприємства значно знижують витрати, підвищують ефективність перевезень та мінімізують операційні ризики.

Висновки

Сучасні інформаційні технології мають **високий потенціал** для зниження транспортних витрат, оскільки автоматизують управління перевезеннями, забезпечують точний контроль ресурсів та підтримують прийняття рішень на основі даних. Їх застосування дозволяє підприємствам **зменшити витрати, підвищити продуктивність та конкурентоспроможність**, а також покращити якість обслуговування клієнтів.

Перелік джерел посилання

1. Як використовувати штучний інтелект (ШІ) в логістиці. Url: https://surl.li/rcnthe (дата звернення: 17.11.2025).

2. DHL Global Forwarding. **Logistics Trend Radar 7.0** Url: https://surli.cc/xwpuzx (дата звернення: 17.11.2025).

3. Фалович В. А. Засади розвитку координування як емерджентної якості ланцюга поставок інвестиційних товарів. В. Фалович, Н. Фалович, С. Семенюк. Галицький економічний вісник. Тернопіль. ТНТУ, 2021. Том 69. № 2. С. 146–152.

УДК 004.056.5

Ретивих К. О.,
студент 2 курсу магістратури спеціальності «Кібербезпека та захист інформації» ОПП «Кібербезпека»

Колощук М. С.,
старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ СИСТЕМ МІЖМЕРЕЖЕВОГО ЗАХИСТУ: ПЕРЕХІД ВІД ТРАДИЦІЙНИХ FIREWALL ДО NEXT-GENERATION FIREWALL

Державний Університет «Житомирська Політехніка», Україна

Постановка проблеми

В умовах ускладнення сучасних кіберзагроз, переходу до хмарних рішень, широкого використання віддалених форм роботи і зростання кількості трафіку прикладного рівня, традиційні міжмережеві екрани (фаєрволи), засновані на інспекції пакетів і станів з'єднань, поступово втрачають свою ефективність. Стандартні рішення нездатні виявляти та протистояти складним багатовекторним загрозам, що використовують звичні протоколи для передачі шкідливого коду і не здатні забезпечувати достатній рівень моніторингу трафіку. Це створює потребу у необхідності дослідження та впровадження нових інтегрованих рішень, які здатні забезпечити глибоку інспекцію трафіку та активну протидію загрозам, що зрештою стало рушійною силою розвитку міжмережевих екранів до NGFW.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Ряд досліджень, зокрема праця [1] окреслюють обмеження традиційних рішень і пояснюють мотиви переходу фаєрволів до архітектури NGFW. Дослідження [2] зосереджено на історії розвитку фаєрволів та основному функціоналу NGFW. В роботі [3], основний акцент робиться на інтеграції використання штучного інтелекту (ШІ) оцінці ефективності використання ШІ для протидії сучасним загрозам.

Постановка задачі

Метою проведеного дослідження є систематизація та порівняльний аналіз архітектурних і функціональних можливостей міжмережевих екранів наступного покоління (NGFW) порівняно з

традиційними фаєрволами. Дослідження спрямоване на аналіз еволюційної трансформації архітектури міжмережевих екранів та обґрунтування технологічних переваг NGFW-рішень у забезпеченні захисту від актуальних кіберзагроз.

Виклад основного матеріалу

В результаті проведеного аналізу виявлено, що еволюція міжмережевих екранів відображає постійне протистояння засобів захисту і векторів загроз у сфері кібербезпеки. Можна виділити три покоління фаєрволів: пакетні фільтри (Packet Filtering Firewalls), з перевіркою стану (Stateful Inspection Firewalls) та NGFW [4]. Довгий час традиційні фаєрволи, які переважно відносяться до другого покоління (Stateful Inspection), були основою і першою лінією безпеки мережі, проте поступово їх почали витісняти NGFW.

Перше покоління, пакетні фільтри (Packet Filtering Firewall), діють на мережевому (L3) та транспортному (L4) рівнях моделі OSI. Їхній функціонал базується виключно на статично заданих правилах філтрації. Вони перевіряються лише заголовки пакетів, зокрема IP-адреси, номери портів та протокол. Але головним недоліком цих рішень є їхня «безпам'ятність». Тобто, вони нездатні відстежувати стан з'єднання, що зрештою вимагає від адміністраторів мережі створення додаткових симетричних правил, як для вхідного так і вихідного трафіку. Також вони є вкрай вразливими до атак, в яких використовується підміна IP-адрес (IP-спуфінг). Дане покоління було ефективними для базової ізоляції мереж в умовах відсутності інших доступних альтернатив, але дуже швидко стали недостатніми, як для кінцевих користувачів, так для корпоративного середовища.

Друге покоління, з відстеженням станів (Stateful Inspection Firewall), до якого і належить більшість традиційних фаєрволів, стало наступним технологічним розвитком завдяки впровадженню функції відстеження стану з'єднання (Stateful Inspection). Традиційні фаєрволи функціонують на L3-L4 рівнях моделі OSI і, на відміну від першого покоління, здатні відстежувати стан кожного з'єднання. Даний функціонал значно підвищив рівень безпеки мереж, оскільки тепер дозвіл автоматично пропускати зворотний трафік існує лише для з'єднань, що булі ініційовані пристроями зсередини мережі, а всі зовнішні запити відкидаються за замовчуванням. Традиційні фаєрволи і досі залишаються надійним варіантом для базового захисту безпеки, але їх суттєве обмеження полягає в нездатності до аналізу вмісту пакетів та повному ігноруванні прикладного рівня (L7). Ця особливість є вкрай суттєвою, оскільки сучасний розвиток кіберзагроз призвів до маскування шкідливого коду під легітимний трафік, що робить традиційні фаєрволи недостатніми для їх протистояння, особливо проти фішингових посилань.

Необхідність подолати обмеження традиційних фаєрволів і захистити мережу від загроз на прикладному рівні призвело до поступового впровадження міжмережевих екранів наступного покоління (NGFW). NGFW є інтегрованою платформою, що розширює діапазон інспекції до L2-L7 рівнів моделі OSI. Їхніми ключовими технологічними інноваціями стало впровадження Deep Packet Inspection (DPI), яка забезпечує глибокий аналіз вмісту пакетів незалежно від порту та протоколу та можливість визначення типів трафіку, що дозволяє точно ідентифікувати та контролювати потоки пакетів окремих категорій додатків (соціальні мережі, розважальні сайти тощо).

Ще одним важливим компонентом NGFW є фільтрація URL та веб-захист, який забезпечує можливість створювати категорії веб-ресурсів за рівнем ризику і їх призначення (фішинг, піратські ресурси тощо) з оцінкою їх репутації. Це дозволяє зручно автоматизувати блокуванням сайтів у реальному часі в залежності від вимог організації.

Також, в залежності від рішення, NGFW може також включати функціонал Intrusion Prevention System (IPS), що додаю фаєрволу активний механізм протидії мережевим загрозам, що значно підвищує рівень захищеності. Подальша еволюція NGFW поступово рухається у напрямку інтеграції штучного інтелекту та машинного навчання (AI/ML), що зрештою дозволяє NGFW використовувати поведінковий та аномальний аналіз трафіку для ефективного захисту загроз «нульового дня», підвищуючи адаптивність до сучасних вимог кіберсередовища.

На рис.1 наведено схематичне зображення функціонування традиційних фаєрволів і NGFW на рівнях моделі OSI.

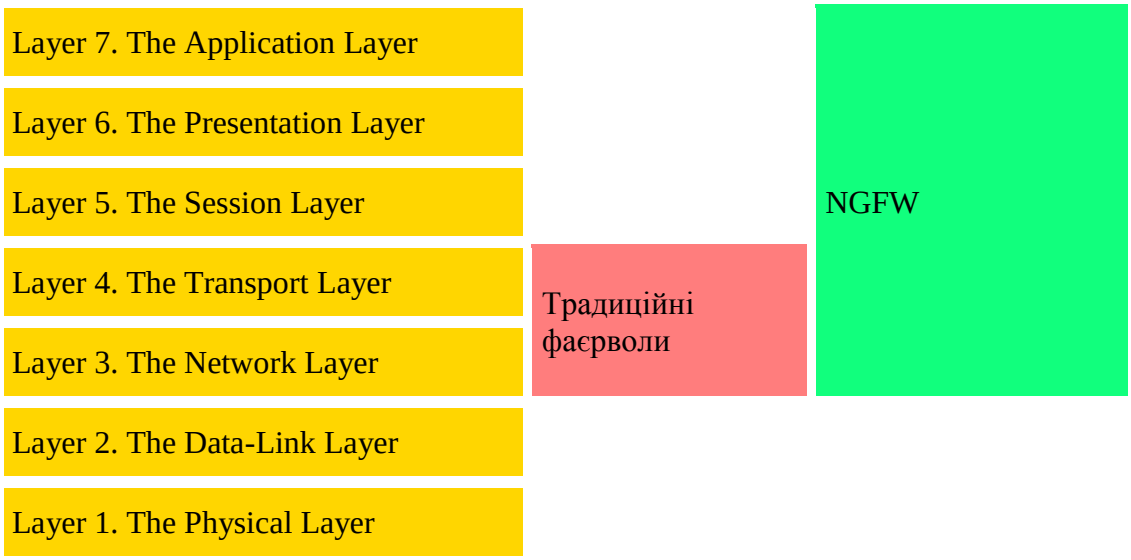


Рисунок 1. Зображення функціонування традиційних фаєрволів і NGFW на моделі OSI

Висновки

У результаті дослідження встановлено еволюційну трансформацію технологій міжмережевого екранування: від традиційних систем, що функціонують на мережевому та транспортному рівнях моделі OSI (L3-L4), до міжмережевих екранів нового покоління (NGFW), архітектура яких забезпечує функціонування на прикладному рівні (L7), реалізацію технології Deep Packet Inspection (DPI), веб-фільтрацію на основі категоризації ресурсів та інтеграцію систем запобігання вторгненням (IPS) для проактивного виявлення загроз. Перспективним напрямом розвитку NGFW-платформ визначено інтеграцію технологій штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення ефективності виявлення та нейтралізації складних кіберзагроз. Встановлено, що застосування NGFW є критично важливим елементом багаторівневої архітектури захисту корпоративних мереж.

Список використаних джерел

1. Shaik, Kamal Mohammed Najeeb. (2025). Next-Generation Firewalls: Beyond Traditional Perimeter Defense. International Journal For Multidisciplinary Research. 7.

2. Sichkar, M. and Pavlova, L. (2023), «A short survey of the capabilities of next generation firewalls», Computer Science and Cybersecurity, No. 1, pp. 28-33.

3. Ahmadi, S. Next Generation AI-Based Firewalls: A Comparative Study. Int. J. Comput. (IJC) 2023, 49, pp. 245–262.

4. Types of Firewalls Defined and Explained. URL: https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/types-of-firewalls (дата звернення 03.11.2025).

УДК 004.42:004.43:004.62

Сахацька І. М.,
студентка 4 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Тарнавський Ю. А.,
к.т.н., доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

ОПТИМІЗАЦІЯ АСИНХРОННОЇ РОБОТИ ANDROID-ЗАСТОСУНКУ НА ОСНОВІ КЕРУВАННЯ РЕАКТИВНИМИ ПОТОКАМИ

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

Постановка проблеми

Сучасні мобільні застосунки потребують швидкої обробки великої кількості даних у реальному часі. Асинхронна взаємодія з сервером, завантаження інформації, а також оновлення інтерфейсу можуть спричиняти затримки та нестабільність роботи програми, якщо не враховувати принципи асинхронності. Традиційні підходи на основі зворотних викликів або окремих потоків ускладнюють підтримку коду та можуть призводити до блокування UI чи конфліктів доступу до даних між потоками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботі [1] показано, як у Kotlin клас **ViewModel** зберігає стан UI за допомогою **StateFlow**, а **Composable-функції** автоматично оновлюють інтерфейс при зміні цього стану через метод collectAsState(). У роботі [2] наведено офіційну документацію Android щодо **реактивних потоків StateFlow та SharedFlow**, де пояснено їхнє призначення як потоків для стану та подій. У роботі [3] розглянуто практичне застосування корутин у архітектурі **MVVM**, показано, як вони інтегруються з **реактивними потоками** для асинхронного оновлення UI та обробки бізнес-логіки. У роботі [4] продемонстровано, що потоки з корутинами підвищують стабільність і асинхронно оновлюють UI.

Постановка задачі

Задачею роботи є оптимізація асинхронних процесів в Android-застосунку за допомогою інструментів **Kotlin Coroutines**, **StateFlow** та **SharedFlow** з метою стабільної взаємодії з сервером, своєчасного оновлення UI та уникнення конфліктів доступу до даних між потоками.

Виклад основного матеріалу

Додаток реалізовано типізованою мовою програмування Kotlin. Створено клас ViewModel, який відповідає за керування станом UI та реалізує потік даних стану за допомогою інтерфейсу StateFlow. Для інтеграції StateFlow у ViewModel потрібно створити змінну стану за допомогою класу MutableStateFlow, яка зберігатиме поточний стан UI [1]. У ViewModel значення цього потоку оновлюється під час зміни даних або виконання дій користувача. У **Composable-функції**, що відповідає за відображення інтерфейсу користувача, використовується спеціальний метод-розширення collectAsState(), який дозволяє спостерігати за змінами на **StateFlow**. Цей метод перетворює потік у стан, сумісний із феймворком Jetpack Compose, тому при кожній зміні даних у потоці **StateFlow** інтерфейс користувача оновлюється автоматично без додаткових викликів або обробників подій.

Реактивний потік **StateFlow** зберігає останній стан і є потоковим аналогом класу даних **LiveData**, при цьому повністю сумісний із механізмом **Kotlin Coroutines**, що робить його ефективним інструментом для асинхронної обробки станів [2]. Механізм **Channel** використовується для передачі окремих завдань між корутинами, наприклад, виконання запитів до сервера або обробки даних у фоновому потоці.

Використання класів **MutableStateFlow** і **MutableSharedFlow** у **ViewModel** дозволяє асинхронно оновлювати UI та обробляти одноразові події [3]. Дослідження [4] показує, що використання потоків даних разом із корутинами підвищує стабільність застосунку та зменшує

ймовірність блокувань UI, оскільки асинхронні операції виконуються у фонових потоках та не блокують основний потік.

У таблиці 1 наведено порівняння ключових механізмів потоків у Kotlin за такими критеріями: призначення, збереження стану та масштабованість.

Таблиця 1

Порівняння механізмів потоків у Kotlin

Механізм	Призначення	Зберігає стан	Масштабованість
StateFlow	Управління станом UI	Так	Висока
SharedFlow	Події та повідомлення	Ні	Висока
Channel	Одноразова передача завдань	Ні	Середня

У реальному проєкті реактивні потоки використовуються для керування станами UI і подіями. Асинхронні запити до сервера та локальної бази даних інтегруються через ці механізми, що зменшує ймовірність блокування основного потоку та конфліктів доступу до даних, забезпечує масштабованість застосунку та спрощує підтримку коду.

Висновки

Використання **Kotlin Coroutines** у поєднанні з **реактивними потоками StateFlow** та **SharedFlow** дозволяє оптимізувати асинхронні процеси в Android-застосунку. **StateFlow** забезпечує надійне керування станом UI та своєчасне оновлення інтерфейсу користувача при зміні даних у моделі. **SharedFlow** дає змогу коректно обробляти одноразові події, уникати блокувань головного потоку та конфліктів доступу до даних між корутинами. Інтеграція цих механізмів із патерном **MVVM** підвищує стабільність і масштабованість застосунку, а також спрощує підтримку коду.

Таким чином, використання потоків даних у поєднанні з корутинами ефективно забезпечує **стабільну взаємодію з сервером, своєчасне оновлення UI та безпечну обробку даних між потоками**, що сприяє оптимізації асинхронної роботи Android-застосунку.

Перелік джерел посилання

1. bin Uzayr S. Kotlin Functional Programming. Kotlin. *Boca Raton*, 2022. P. 183–232. URL: https://doi.org/10.1201/9781003308447-4.

2. Patel A., Kumar K., Kumar Pandey D. B. Kotlin Coroutines. Kotlin Mastery. *Berkeley, CA*, 2025. P. 177–191. URL: https://doi.org/10.1007/979-8-8688-1618-5_7.

3. Panjuta D., Nwokike L. Android MVVM Architecture. Tiny Android Projects Using Kotlin. *Boca Raton*, 2023. P. 209–232. URL: https://doi.org/10.1201/9781032622538-8.

4. Uzayr S. b. Android Development with Kotlin. Mastering Kotlin. *Boca Raton*, 2022. P. 261–290. URL: https://doi.org/10.1201/9781003311904-7.

УДК 330.46:519.87

Сербін І. С.,
студент 6 курсу спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

Григорова А. А.,
к.т.н., доцент кафедри Інформаційних технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУР ПРОЦЕСОРІВ ДЛЯ СЕРВЕРІВ ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Сучасні інформаційні технології характеризуються стрімким зростанням обсягів даних, що зберігаються, обробляються та передаються у хмарних і серверних інфраструктурах. Це зумовлює підвищені вимоги до продуктивності, енергоефективності та масштабованості серверних процесорів, які є основою обчислювальних центрів. Різноманіття архітектур центральних процесорів створює необхідність у глибокому аналізі їх особливостей, відмінностей та ефективності у контексті серверних і хмарних застосувань.

Незважаючи на активний розвиток архітектур та появу нових процесорів, питання вибору оптимальної архітектури для конкретних сценаріїв — обчислювально інтенсивних задач, віртуалізації чи роботи з великими даними — залишається відкритим. Відсутність експериментальних досліджень їх продуктивності та енергоспоживання у хмарних середовищах ускладнює процес прийняття рішень щодо впровадження нових технологій у дата-центрах.

Постановка задачі

Задача даної роботи отримати повноцінний аналіз архітектур процесорів для серверів та хмарних обчислень, використовуючи експериментальний метод аналізу архітектур процесорів та узагальнити результати аналізу у висновку.

Виклад основного матеріалу

Бенчмаркінг процесора — це процес оцінки продуктивності процесора шляхом виконання різних тестів і симуляцій, призначених для вимірювання його швидкості, ефективності та загальних можливостей. Ці тести є стандартизованими процедурами, що надають кількісні дані, які дозволяють проводити змістовні порівняння між різними процесорами. [1]

NAS Parallel Benchmarks (NPB) — це набір тестів, розроблений NASA (National Aeronautics and Space Administration) для оцінювання продуктивності високопродуктивних обчислювальних систем (HPC). Він використовується для вимірювання ефективності багатоядерних процесорів, кластерів та суперкомп'ютерів, а також для аналізу масштабованості паралельних алгоритмів.

Тест Integer Sort (IS) з пакету NAS Parallel Benchmarks оцінює здатність процесора виконувати паралельне сортування великих обсягів цілих чисел. Цей тест перевіряє ефективність підсистеми пам'яті, пропускну здатність шин і взаємодію між ядрами під час інтенсивної обробки даних [2]. Результати виконання цього бенчмарку на процесорах відображено на рисунку 1.

Із збільшенням кількості ядер усі процесори демонструють зростання ефективності, проте AMD EPYC забезпечує найкращий результат — понад 5800 Mops/s при 64 ядрах. Marvell ThunderX2 показує подібну тенденцію до 32 ядер, де його продуктивність майже дорівнює EPYC, не значно випереджаючи його. Sophon SG2044 має найнижчі результати, проте стабільно підвищує ефективність до 3000 Mops/s при 64 ядрах. Згідно рисунку 2, на якому зображено енергоефективність протестованих процесорів, AMD EPYC та Sophon SG2044 показують найкраще співвідношення продуктивності до споживаної енергії.

AMD EPYC демонструє найкращу продуктивність і масштабованість, що свідчить про високу ефективність роботи з пам'яттю та оптимізовану архітектуру. Marvell ThunderX2 показує добрі результати, показуючи майже однакову продуктивність з EPYC на рівній кількості ядер, тоді як Sophon SG2044 відстає за швидкодією, проте зберігає стабільне зростання продуктивності.

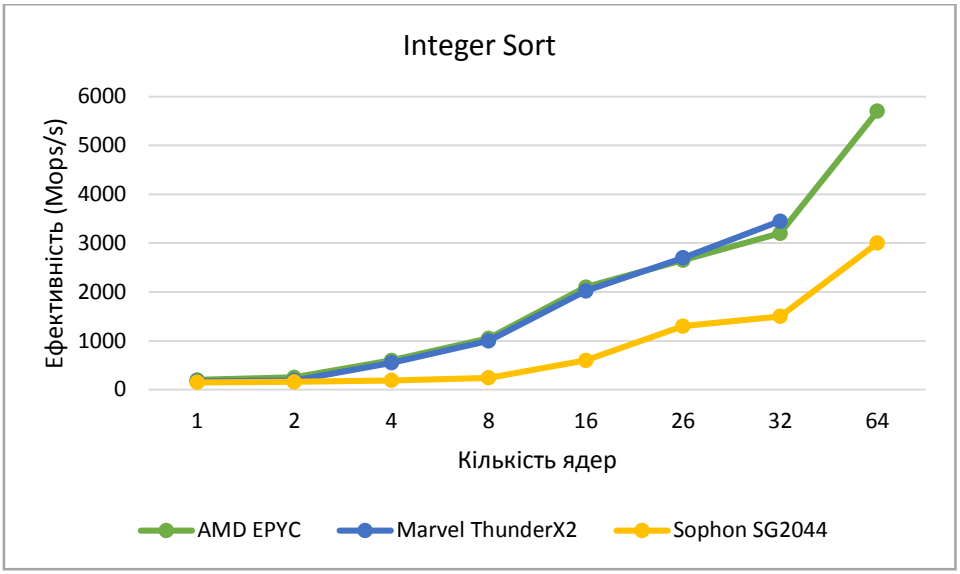


Рисунок 1. Тестування Integer Sort

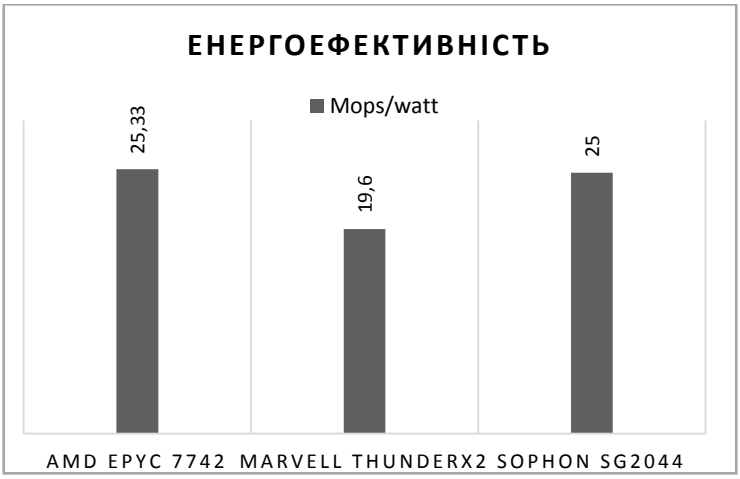


Рисунок 2. Енергоефективність у тесті IS

Висновки

У тесті Integer Sort (IS) процесор AMD EPYC 7742 продемонстрував найвищу продуктивність та найкраще масштабування серед усіх порівнюваних рішень. Висока пропускна здатність пам'яті, оптимізована архітектура x86-64 та значні обсяги кешу забезпечують EPYC провідні позиції у цьому тесті, що робить його найефективнішим вибором для систем, де критично важлива швидка обробка великих обсягів даних.

Marvell ThunderX2 демонструє більш помірну, але стабільну динаміку зростання продуктивності. Хоча на пікових значеннях він суттєво поступається EPYC, ARM-архітектура забезпечує передбачуване масштабування та зберігає прийнятний рівень енергоефективності, що робить її привабливою для енергоощадних обчислювальних кластерів.

Процесор Sophon SG2044 на основі RISC-V показав найнижчу абсолютну продуктивність у тесті IS, що пов'язано з менш оптимізованою під подібні навантаження архітектурою та обмеженнями у роботі з пам'яттю. Водночас його енергоефективність виявилася доволі високою й порівняною з показником EPYC, що свідчить про перспективність RISC-V у масштабованих і спеціалізованих задачах, де продуктивність на ват є важливішою за пікову швидкодію.

У цілому результати тесту IS показують, що архітектура x86-64 забезпечує найкращу універсальну продуктивність, ARM орієнтована на ефективність та передбачуване масштабування, а RISC-V вирізняється високою енергоефективністю та потенціалом подальшого розвитку, хоча поки що поступається конкурентам у завданнях, пов'язаних із сортуванням та інтенсивними операціями доступу до пам'яті.

Перелік джерел посилання

1. CPU Benchmarking Methodology Guide. 2023. URL: https://www.anandtech.com (дата звернення: 13.11.2025).
2. NAS Parallel Benchmarks. 2024. URL: https://www.nas.nasa.gov/software/npb.html (дата звернення: 13.11.2025)

УДК 004.8:37.018.43

Трофименко О. Г.,
к.т.н., доцент кафедри
інформаційних технологій

Безродний М. О.,
студент магістратури
спеціальності «Системний аналіз»
ОПП «Аналіз та безпека даних»

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСВІТНІХ ЧАТ-БОТІВ ТА ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ

Національний університет "Одеська юридична академія"

Постановка проблеми

Інтеграція чат-ботів в освітні процеси є одним із перспективних напрямків застосування штучного інтелекту. За даними досліджень глобальний ринок освітніх чат-ботів очікувано зросте з $0,97 млрд у 2023 році до $7,52 млрд до 2030 року, що свідчить про зростання інтересу до цієї технології [1]. Це свідчить про стрімке зростання інтересу до технології, яка здатна трансформувати традиційні педагогічні підходи, забезпечуючи персоналізоване та інтерактивне навчання.

Постановка задачі

Для ефективного проєктування інформаційно-аналітичних систем навчання необхідно систематизувати різновиди освітніх чат-ботів, визначити їхні функціональні моделі та окреслити сфери доцільного застосування.

Виклад основного матеріалу

Залежно від способу обробки запитів та рівня гнучкості освітні чат-боти поділяються на три типи:

1) *сценарні* (rule-based) чат-боти функціонують на основі заздалегідь визначених сценаріїв, шаблонів та логічних правил. Вони використовують механізми регулярних виразів, дерев рішень або простих діалогових графів. Основні характеристики [2]:

– прозорість логіки: кожен сценарій чітко прописаний, що спрощує тестування та контроль якості;

– низькі вимоги до ресурсів: не потребують великих обчислювальних потужностей або навчальних даних;

– обмежена гнучкість: не здатні до генерації нових відповідей або адаптації до нетипових запитів;

– сфера застосування: ефективні для FAQ, тестування, формалізованих інструкцій, де важлива передбачуваність;

2) *ML-based* чат-боти використовують алгоритми машинного навчання, зокрема трансформерні моделі (GPT, BERT, T5), для обробки природної мови, класифікації намірів (intent detection), генерації відповідей та адаптації до контексту. Основні характеристики [3]:

– контекстна обізнаність: здатні враховувати попередні репліки, стиль мовлення, рівень знань користувача;

– гнучкість і масштабованість: можуть працювати з відкритими запитами, навчатися на нових даних, підтримувати багатомовність;

– високі вимоги до ресурсів: потребують великих обсягів навчальних даних, обчислювальних потужностей та контролю якості;

– сфера застосування: навчальні діалоги, генерація пояснень, адаптивне навчання, підтримка критичного мислення.

3) *гібридні* моделі поєднують rule-based компоненти для критичних сценаріїв (навігація, безпека, контроль) з ML-модулями для гнучкої генерації відповідей, персоналізації та аналізу запитів. Такий підхід дозволяє [4]:

– зберігати контроль над ключовими сценаріями;

– забезпечувати адаптивність і когнітивну гнучкість;

– поступово масштабувати систему без повної перебудови логіки.

Порівняння rule-based та ML-підходів наведено у табл. 1, де систематизовано їхні ключові характеристики (гнучкість, якість діалогу, вимоги до ресурсів, сфери застосування). Гібридні архітектури дедалі частіше використовуються як компроміс між стабільністю та когнітивною гнучкістю.

Таблиця 1

Порівняння архітектурних підходів

Критерій	Rule-based чат-боти	ML-based чат-боти
Логіка обробки	Жорстко задані правила	Навчання на даних, генерація відповідей
Гнучкість	Низька	Висока
Якість діалогу	Формальна, шаблонна	Семантично релевантна, адаптивна
Вимоги до ресурсів	Низькі	Високі (обчислювальні, дані, моделі)
Персоналізація	Обмежена	Динамічна, контекстуальна
Сценарії застосування	Тести, інструкції, FAQ	Навчальні діалоги, пояснення, підтримка

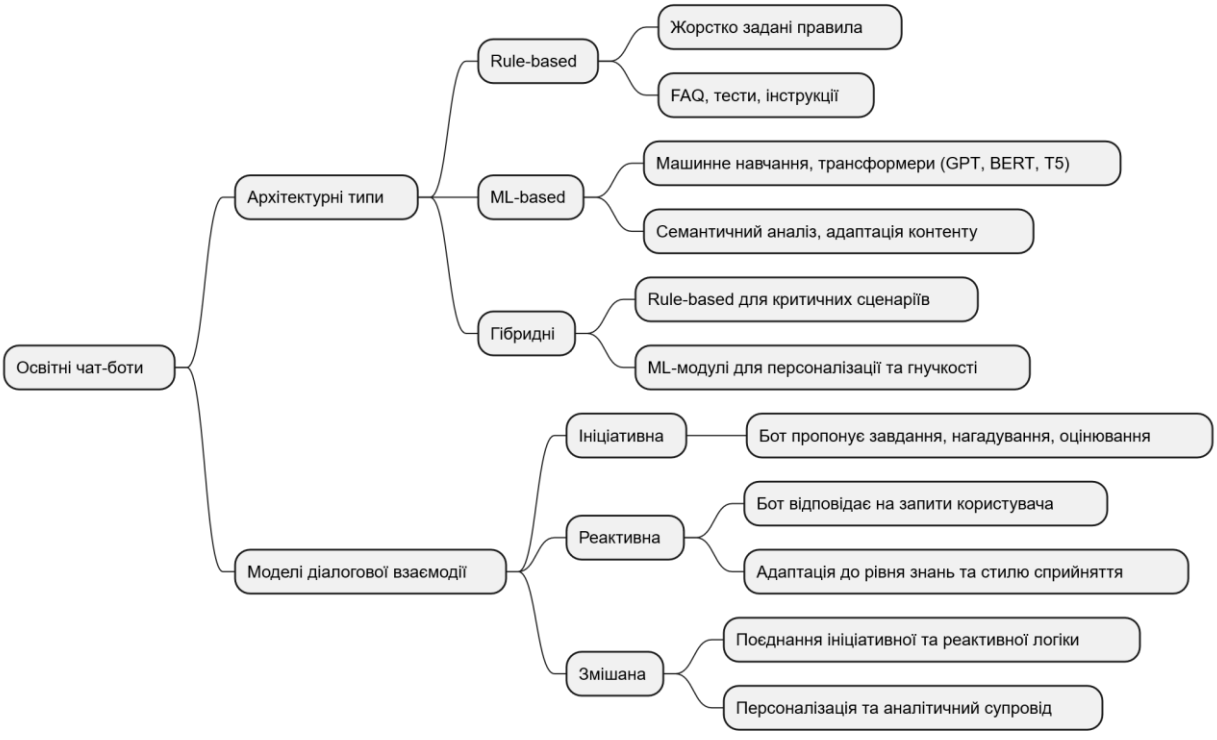


Рисунок 1. Класифікація функціональних моделей освітніх чат-ботів

Інтелектуальні чат-боти, побудовані на ML-підходах, демонструють значно вищу когнітивну складність, але потребують ретельного моделювання, навчання та контролю якості. Гібридні архітектури дозволяють балансувати між стабільністю rule-based компонентів і гнучкістю ML-модулів. Вибір архітектури залежить від цільової аудиторії, навчальних цілей, доступних ресурсів та вимог до адаптивності.

Окрім архітектурних типів, освітні чат-боти реалізують різні моделі діалогової взаємодії, які визначають структуру комунікації та логіку навчального супроводу:

– ініціативну – бот самостійно пропонує завдання, нагадування та оцінювання [5];

– реактивну – бот відповідає на запити користувача та адаптує контент відповідно до рівня знань, стилю сприйняття та навчальних цілей [6];

– змішану – поєднує обидва підходи, забезпечуючи персоналізацію та аналітичний супровід [7].

Загалом еволюція технологічних підходів до освітніх чат-ботів демонструє поєднання архітектурних рішень із моделями діалогової взаємодії, що дозволяє обґрунтовано вибирати оптимальну конфігурацію для конкретного освітнього контексту.

Висновки

Запропонована класифікація освітніх чат-ботів охоплює три архітектурні типи та три моделі діалогової взаємодії, що відображають еволюцію технологічних підходів до навчальної взаємодії. Вона дозволяє розробникам обґрунтовано вибирати архітектуру відповідно до цілей і ресурсів, педагогам – розуміти можливості та обмеження кожного типу, а дослідникам – формалізувати порівняння та визначати перспективи розвитку. Така систематизація створює основу для стандартизації, масштабування та інтеграції чат-ботів у різні освітні контексти.

Перелік джерел посилання

1. Educational Chatbots Market Size (2024-2030). URL: https://virtuemarketresearch.com/report/educational-chatbots-market
2. Adamopoulou E., Moussiades L. An Overview of Chatbot Technology. Artificial Intelligence Applications and Innovations. 2020. Vol. 584. P. 373–383. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-49186-4_31
3. Practical guide: natural language processing in chatbots. URL: https://aunoa.ai/en/blog/practical-guide-natural-language-processing-in-chatbots/
4. Терлецька Т. С., Коваленко І. І. Використання чат-ботів на основі великих мовних моделей у науково-педагогічній діяльності викладачів. Електронне наукове фахове видання “Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету”. 2024. № 16. С. 194–215. DOI: https://doi.org/10.28925/2414-0325.2024.1613
5. Трофименко О.Г., Прокоп Ю.В., Задерейко О.В., Логінова Н.І. Класифікація чат-ботів. Системні технології. 2022. № 2 (139). С. 147-159. DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-139-2022-14
6. Trofymenko O., Prokop Y., Loginova N., Zadereyko A. Taxonomy of Chatbots. International Scientific and Practical Conference «Intellectual Systems and Information Technologies» (ISIT2021). September 13-19, 2021, Odesa, Ukraine. P. 181-185.
7. Чат-бот для вивчення іноземних мов: сьогодення та перспективи на майбутнє. URL: https://talkpal.ai/uk/чат-бот-зі-штучним-інтелектом-для-вивч/

СЕКЦІЯ 2.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ ТА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 004.056.5

Badarla T.
4th year bachelor of the specialty "Computer Science"

Vyshemyrska S.,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Department of Informatics and Computer Sciences

A COMPREHENSIVE DESCRIPTION FOR SMART HOME VIRTUAL PROJECTING

Kherson National Technical University, Ukraine

Rapid growth of technologies, which is related to IoT, is connected to demand of smart and self-sustainable home. In order to achieve that, it is required to understand the complexity of technologies, which hide behind the term of smart home. In this article we will analyze these technologies, and will try to find a connection between them.

Diving into technical part, should be told that container environment has a crucial part in the process of smart home constructing. By "container environment" we talk about such environments as Docker and Docker Compose. Docker helps us managing a single isolated container with own environment variables, dependencies, start and build scripts. What we only need to do, is to define an image (some sort of blueprint for container), certain scripts to run, locations and path to retrieve and store the data.

Docker Compose has all containers linked, which means that services are related between each other (database, client, server) and do not need additional third-party assistance from the outside of a container cluster [1]. As said, docker compose configuration contains services as distinguished entities with their volumes. Volumes are the data, which is preserved between indefinite amount of smart home virtual launches. Except volumes, container also has ports as an inbound (docker internal port) and outbound (outer) connection with other containers inside.

After we explored technical part, launch of smart home virtual project does not need extensive instructions, only command docker compose build && docker compose up -d (run in detached mode). It allows Docker Compose to build and run all of the instances consecutively, from database to Home Assistant application.

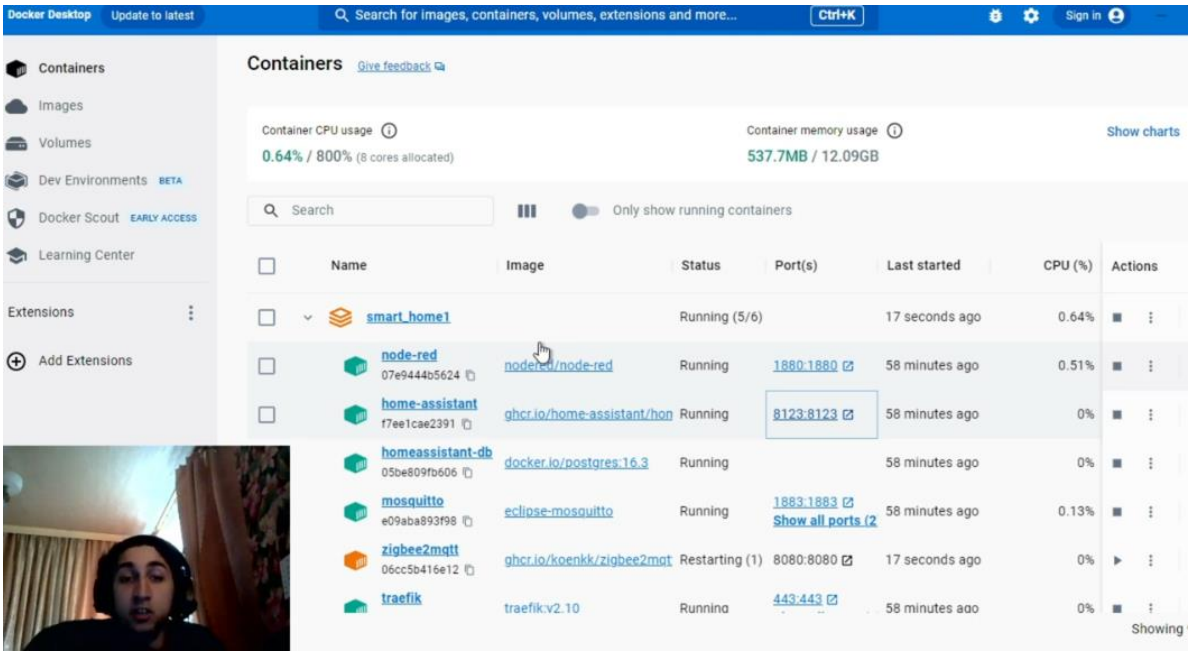


Figure 1. Status of running containers in the Docker Desktop virtual environment, including Node-RED, Home Assistant, and database services.

Speaking about a connection, it is related to Traeffik. It works as a web-proxy [2] for smart home application, and helps as a maintainer of the network between containers. An api must be established so that Traeffik can run. In our case we used secure 443 port and updated the configuration to use Hyper Text Transfer Protocol Secured with our own credentials. For enhanced security MQTT broker Mosquito is being used partially, and mainly to help our virtual smart home devices to send and retrieve messages without limiting the network bandwidth.

Mosquito's file of configuration also helps to save the database information in process of transferring messages between devices of smart home.

Analyzing the system performance presented in Figure 1, we can observe that the containerized architecture is highly resource-efficient. The entire cluster, including the database and Node-RED, consumes approximately 0.6% of CPU power and around 540 MB of RAM. This proves that a complex smart home system can be deployed even on low-power hardware or budget-friendly mini-PCs without significant performance loss.

Next important service is based on home automation Home Assistant, and allows to detect all the motion and life signs with help of sensors and controllers. In our case, sensors, as a basic integration for Home Assistant, measure humidity and weather conditions, which also includes wind speed along with environmental indicators.

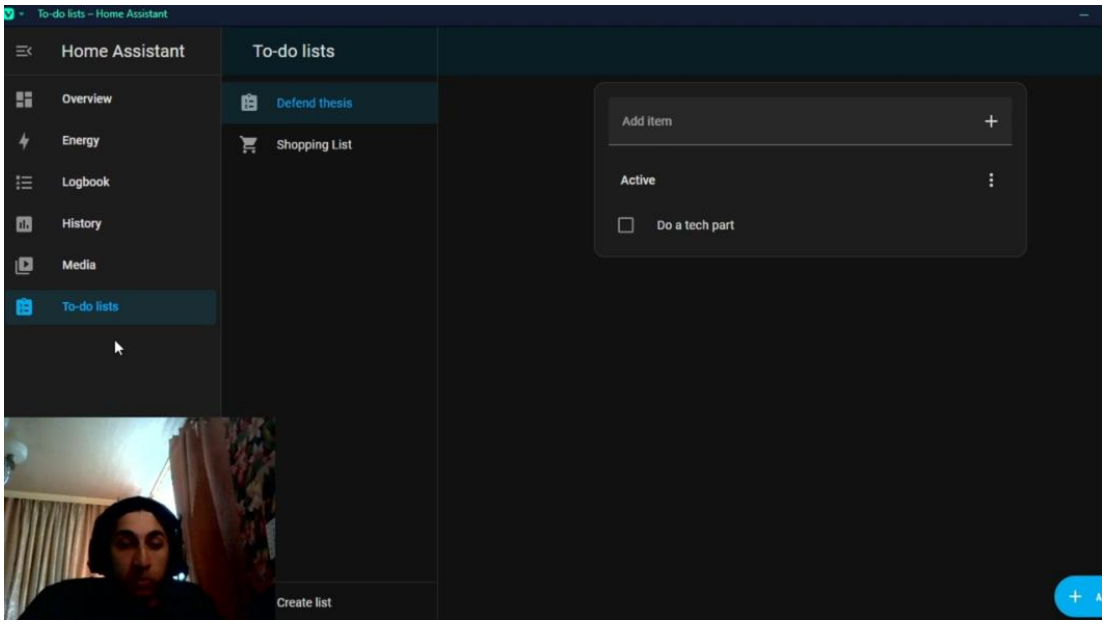


Figure 2. Home Assistant user interface displaying real-time environmental indicators and weather data.

In order to automate our virtual smart home, we need to comprehend how flows are built, and what do they use. For smart home automation we use Node-RED, which comes with device flows to manage – frow their deactivated state to receiving a message from secure MQTT broker Mosquitto or prebuilt Node-RED Aedes. With help of broker device receives the message, and continues the Home Assistant's flow.

After we explored technical part, launch of smart home virtual project does not need extensive instructions, only command docker compose build && docker compose up -d (run in detached mode). It allows Docker Compose to build and run all of the instances consecutively, from database to Home Assistant application. After successful launch we see the welcome screen, and personal preferences after first signing up. To project our virtual smart home (and because it is IoT) Ethernet is needed, but with Docker Compose it is not an obligatory, every instance is run and stored locally. This virtual project, run by Home Assistant, comes with prebuilt tools such as todo list, energy panel, logbook, history panel and media, where various types of radio can be found and tested.

For data safety, it can be transferred to Home Assistant Cloud (or Nabu Casa [3]), so it will still require Ethernet connection and some type of subscription. Nabu Casa further enhances smart home with voice assistant, built-in AI for tech companies such as Google Assistant or Amazon Alexa, and additional set of backups to keep virtual smart home secure from hijacking.

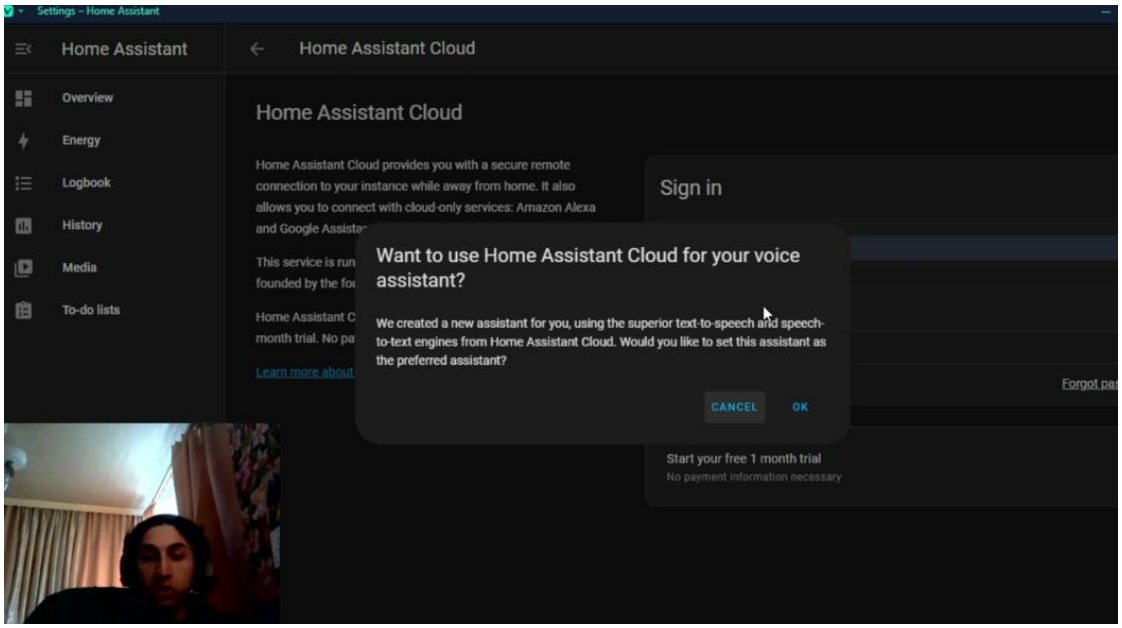


Figure 3. Configuration of Home Assistant Cloud (Nabu Casa) for secure remote access and voice assistant integration.

Conclusions. The proposed approach of virtual projecting allows users to test and configure a smart home system safely before investing in physical hardware. Using Docker and microservices architecture ensures flexibility, easy updates, and system stability. Future research will focus on integrating AI-based automation scripts to further optimize energy consumption within the smart home ecosystem.

References

1. Th. Badarla 2024. Thesis Badarla IoT Smart Home. URL: https://tinyurl.com/yc68w5cp
2. Traefik Lab Docs. What is Traefik? URL: https://tinyurl.com/bdsh7fmr
3. Nabu Casa. Home Assistant Cloud. URL: https://tinyurl.com/ymupkxas

УДК 004.77

Бездрабко Б. С.,
студент 4 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Кублій Л. І.,
к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

СИСТЕМА АДМІНІСТРУВАННЯ ПОДІЙ З ІНТЕГРАЦІЄЮ WHATSAPP

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

Постановка проблеми

Організація заходів потребує узгодженого керування комунікацією з аудиторією в каналі, який є для неї звичним. У випадку WhatsApp організатори зазвичай поєднують окремі інструменти для оголошень, реєстрації та внутрішньої координації, що призводить до втрати керованості розсилок, складнощів з контролем доставки, а також непрозорості обробки збоїв. Таким чином, виникає необхідність розробки веб-системи, яка забезпечить єдине середовище для підготовки повідомлень, планування публікацій, реєстрації учасників «одним натисканням кнопки» без проміжних форм, надійне надсилання через офіційний інтерфейс WhatsApp Business Platform і повне журналювання подій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Існує низка готових рішень для масових розсилок у месенджерах (CRM-системи, маркетингові платформи, конструктори чат-ботів), які підтримують інтеграцію з WhatsApp, Telegram, Viber тощо. Вони, як правило, надають зручний веб-інтерфейс для створення кампаній, сегментації аудиторії, перегляду базової аналітики. Перевагами таких систем є швидкий запуск без власної розробки, вбудовані інтеграції з рекламними кабінетами, наявність типових сценаріїв взаємодії. Водночас більшість рішень орієнтовані на маркетингові розсилки і не забезпечують повноцінного керування життєвим циклом події — точного планування службових повідомлень із врахуванням 24-годинного вікна, деталізованого журналу технічних статусів доставки, ідемпотентних (повторне виконання операції дає той самий результат, що й перше) повторних спроб і прозорого узгодження змін у базі даних із викликами зовнішнього інтерфейсу.

Окремою проблемою є обмежені можливості налаштування бізнес-логіки і залежність від внутрішньої реалізації провайдера (наприклад, відсутність доступу до механізмів блокувань на рівні бази даних чи розподіленого планувальника завдань). Це зумовлює доцільність створення спеціалізованої системи адміністрування подій з глибокою інтеграцією месенджера WhatsApp і розширеними засобами забезпечення надійності. Офіційні матеріали WhatsApp описують використання універсальних посилань wa.me для ініціювання діалогу з бізнес-номером із попередньо заповненим текстом, що дає змогу однозначно ідентифікувати намір користувача і пов’язати його з подією [1]. Регламентовано режим «24-годинного вікна обслуговування» [2], у межах якого дозволені вільні повідомлення, тоді як поза його межами дозволено надсилання тільки затверджених шаблонів повідомлень; це накладає вимоги на планування і типи повідомлень [3].

Події доставки (направлено, доставлено, прочитано, помилка) і вхідні звернення передаються через вебхуки (автоматизовані повідомлення, які надсилаються між веб-застосунками), що формує основу для службового журналу й відновлення після збоїв [4]. Для зменшення кількості кроків користувача платформа WhatsApp підтримує інтерактивні повідомлення (кнопки швидких відповідей, списки) з поверненням вибору через вебхук [5]. Рекламні оголошення типу Click-to-WhatsApp дають змогу передавати джерело переходу через параметр referral у навантаженні вебхука, що надає можливість відстежувати походження реєстрації та пов’язувати її з рекламною кампанією [6]. На рівні інтеграцій для забезпечення надійності застосовують ідемпотентність операцій і повторні спроби з контрольованими інтервалами [7], а також шаблон «транзакційної вихідної скриньки» для узгодженості змін у базі даних із викликами зовнішнього інтерфейсу [8]. У багатокопійних розгортаннях взаємовиключення виконання планувальника досягають за допомогою консультативних блокувань у PostgreSQL або бібліотеки ShedLock, яка гарантує одиничний запуск задачі серед кількох екземплярів застосунку [9, 10].

Постановка задачі

Метою дослідження є створення серверної частини веб-системи адміністрування подій з інтеграцією WhatsApp. Основними завданнями системи адміністрування є забезпечення безпечного керування подіями й публікаціями з розмежуванням прав у команді, реалізація реєстрації учасника «одним натисканням кнопки» через домен wa.me із попередньо заповненим текстом без використання окремих форм [1], підтримка планування повідомлень із врахуванням 24-годинного вікна й шаблонів [2, 3], виконання ідемпотентних повторних спроб [7], а також ведення повного операційного журналу доставок на основі вебхуків [4]. Крім цього, система повинна мати чітко описане API, індикатори готовності й відпрацьовані сценарії розгортання.

Виклад основного матеріалу

Веб-система адміністрування реалізує єдиний керований процес від підготовки публікації до підтвердженої доставки. Веб-інтерфейс адміністратора надає можливість створення подій, формування анонсів і нагадувань, визначення часу виходу кожного повідомлення, відстеження його стану (чернетка, заплановано, надіслано, скасовано, помилка).

Для реалізації системи адміністрування використано сучасні інформаційні технології такі, як мова програмування Java 21 і фреймворк Spring Boot 3.x; HTTP-інтерфейс описано в стандарті OpenAPI для подальшої генерації клієнтів і внутрішнього тестування; зберігання доменної моделі реалізовано в об’єктно-реляційній системі керування базами даних PostgreSQL 16, де додатково

застосовуються консультативні блокування для взаємовиключення виконання розкладу в середовищі з кількома екземплярами застосунку [9, 10]. Альтернативно для розв'язання цієї задачі використано механізм розподіленого блокування ShedLock, який працює поверх бази даних і запобігає конкурентному запуску того самого завдання при горизонтальному масштабуванні [10]. Планування виконується вбудованим планувальником Spring або Quartz — вибір залежить від вимог до календарних правил. Для короткотривалої буферизації завдань і маркерів ідемпотентності застосовується швидка база даних Redis.

Інтеграція з WhatsApp відбувається через програмний інтерфейс взаємодії з хмарними сервісами Cloud API [11]. Надсилання повідомлень виконується процесом-виконавцем, який у запланований момент формує корисне навантаження відповідного типу: вільне текстове повідомлення в межах 24-годинного вікна або затверджений шаблон із підстановкою змінних поза цим вікном [2, 3]. Для ініціювання діалогу з анонсу використовується посилання wa.me з попередньо заповненим службовим текстом, у якому міститься ідентифікатор події [1]; після першого звернення користувача вебхук отримує повідомлення, витягає ідентифікатор і створює в системі «тіньовий» обліковий запис учасника з фіксацією реєстрації [4]. Якщо реєстрація відбулася через рекламу Click-to-WhatsApp, у навантаженні вебхука обробляється джерело для зіставлення події з джерелом трафіку [6]. Для спрощення взаємодії застосовуються інтерактивні повідомлення з кнопками і списками, де вибір користувача автоматично повертається до застосунку через вебхук і відображається в панелі організатора, що усуває потребу в зовнішніх формах і зменшує кількість помилкових введень [5].

Надійність доставки забезпечено поєднанням ідемпотентності, повторних спроб і повного журналювання. Кожна операція надсилання має ідемпотентний ключ, який зберігається в прикладному шарі і в базі даних; повторна спроба з тим самим ключем не створює дубліката, а лише доводить операцію до завершення [7]. Для підтримання узгодженості між транзакціями в базі даних і викликами зовнішнього інтерфейсу використано шаблон «транзакційної вихідної скриньки»: подія надсилання спочатку атомарно фіксується в таблиці вихідних повідомлень, після чого окремий виконавець передає її до Cloud API і відмічає результат у журналі доставок [8]. Події станів «направлено», «доставлено», «прочитано», а також кодовані помилки отримуються через вебхуки WhatsApp і корелюються з конкретними спробами надсилання [4]. Повторні спроби налаштовано з експоненційним відступом і верхньою межею, що дає можливість відновити операцію після тимчасових збоїв мережі без створення дублювань. Стан системи експонується через індикатори «живий / готовий», а експлуатаційні показники й трасування подій агрегуються засобами моніторингу. Це спрощує аналіз причин збоїв і забезпечує відтворюваність інцидентів. Розгортання виконується в контейнерах, конфіденційні параметри (токен доступу Cloud API, токен перевірки вебхука) зберігаються як секрети, а параметри планування й політики повторних спроб — у централізованій конфігурації.

Висновки

Розроблена серверна частина веб-системи забезпечує цілісний процес керування комунікацією подій у WhatsApp: від підготовки матеріалів і запуску діалогу «одним натисканням кнопки» через wa.me до підтвердженої доставки з повним журналом спроб і станів. Дотримано обмежень платформи щодо 24-годинного вікна і шаблонів повідомлень, інтегровано вебхуки для обробки реакцій користувача, реалізовано ідемпотентні повторні спроби та узгодженість через «транзакційну вихідну скриньку». Організаційно це дає керованість і масштабованість без зміни базових принципів планування, взаємовиключення і надійної доставки.

Перелік джерел посилання

1. Як додати посилання для відкриття WhatsApp з іншої програми. *Довідковий центр*. URL: https://faq.whatsapp.com/425247423114725/ (дата звернення: 12.11.2025).

2. WhatsApp Business Messaging Policy. *Meta Platforms*. URL: https://business.whatsapp.com/policy (дата звернення: 12.11.2025).

3. Template Messages. *Meta Platforms*. URL: https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/cloud-api/guides/send-message-templates (дата звернення: 12.11.2025).

4. Webhooks. *Meta Platforms*. URL: https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/cloud-api/guides/set-up-webhooks (дата звернення: 12.11.2025).

5. Sending Interactive Messages. *Meta Platforms*. URL: https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/guides/interactive-messages (дата звернення: 12.11.2025).

6. Webhooks Notification Payload Reference. *Meta*. URL: https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/cloud-api/webhooks/components (дата звернення: 12.11.2025).

7. The Idempotency-Key HTTP Header Field. *IETF*. URL: https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-httpapi-idempotency-key-header (дата звернення: 12.11.2025).

8. Transactional outbox pattern. *AWS*. URL: https://docs.aws.amazon.com/prescriptive-guidance/latest/cloud-design-patterns/transactional-outbox.html (дата звернення: 12.11.2025).

9. Documentation PostgreSQL 16. Advisory Locks. URL: https://www.postgresql.org/docs/current/explicit-locking.html#ADVISORY-LOCKS (дата звернення: 12.11.2025).

10. ShedLock : веб-сайт. URL: https://github.com/lukas-krecan/ShedLock (дата звернення: 12.11.2025).

11. Cloud API. *Meta Platforms*. URL: https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/cloud-api (дата звернення: 12.11.2025).

УДК 004.89:80

Богдан О.,
здобувач першого (бакалаврського) рівня освіти
Херсонський національний технічний університет

Фролова М.,
старший викладач кафедри державного управління і місцевого самоврядування
Херсонський національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЧНИХ ПЕРЕКЛАДАЧІВ ДЛЯ МИТТЄВОЇ КОМУНІКАЦІЇ У ВІДЕОІГРАХ

Постановка проблеми

У сучасному світі постійно виникає потреба миттєвої комунікації без перепон та затримок, особливо в індустрії розваг, де користувачі менш схильні до подолання перешкод самотужки, зокрема таких як мовний бар'єр. Задля комфорту гравців та зменшення навантаження на розробників й модераторів багатьох онлайн-ігор команди почали впроваджувати автоматичний переклад за допомогою штучного інтелекту. З цим постає питання чи може штучний інтелект адекватно та повноцінно відтворити повідомлення від гравця до гравця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Серед численних досліджень впливу штучного інтелекту на перекладацькі роботи нас зокрема зацікавили робота Карабан [1] та групи авторів Chunwen Yang, Jing Chen, Shuai Hou, Walton Wider та Wai Lei Yi [2]. Дані перелічені у їх розвідках надають важливий контекст можливостей найбільшої та найвідомішої моделі ШІ сьогодення — ChatGPT, та проблеми, з якими стискаються користувачі під час її застосування.

Постановка задачі

Задача даної роботи розглянути найпоширеніші проблеми та відмінності між оригінальними повідомленнями гравців та машинним перекладом системи вбудованої у гру «DC: Dark Legion», котрунадалі буде використанов якості прикладу.

Виклад основного матеріалу

На думку дослідника Yang у 53% кореспондентів ChatGPT не зміг відтворити спеціалізовану термінологію. Типова помилка наведена на рисунку 1 [2, с. 534]:

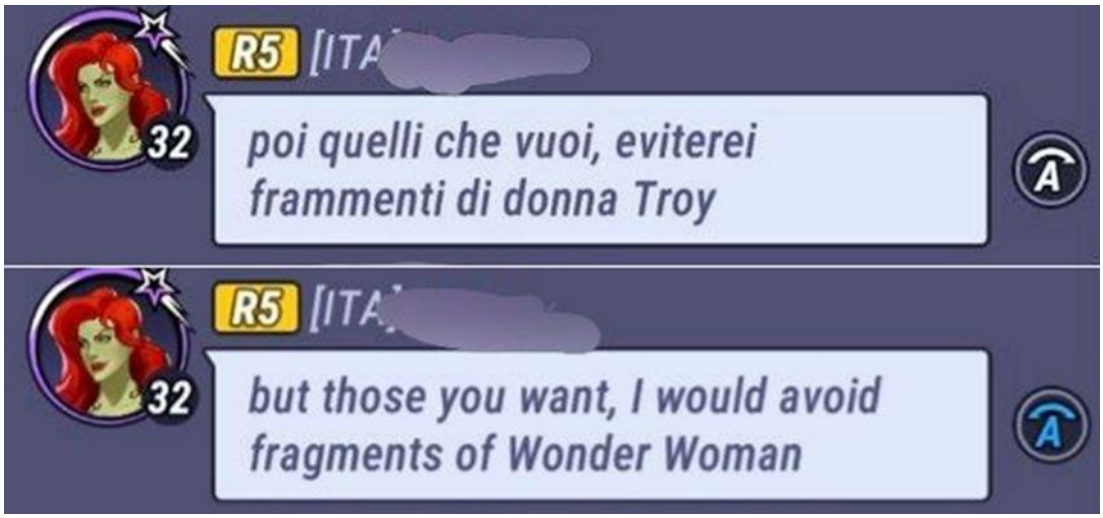


Рисунок 1 – Помилки ChatGPT

Ім’я окремого персонажа Донни Трой було змінено машиною на зовсім інше ім’я або скоріше титул Диво-жінка, який належить Діані Феміскірі, сестрі Донни. Обидві героїні наявні у грі та мають так звані «фрагменти», які гравці можуть збирати. Автоматизований миттєвий переклад мав би запобігати таким помилкам у комунікації гравців.

У своїй роботі дослідники Карабан стверджують, що лінгвістична різноманітність ШІ-моделі ChatGPT сягає від 81% до 85% на прикладі творів Тараса Шевченка [1, с. 7]. Модель використана у грі вільно використовує свою лінгвістичну базу, навіть коли переклад не вважається за потрібне, як видно на рисунку 2.

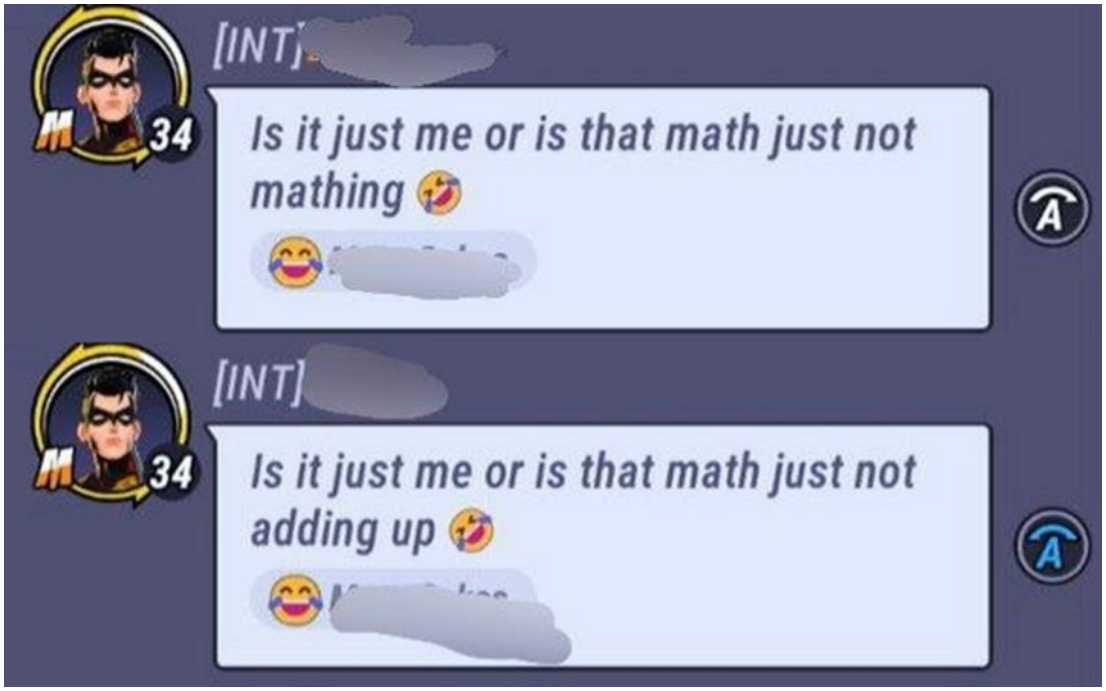


Рисунок 2 – Застосування ШІ-моделі в грі

«Math isn’t mathing» є розповсюдженим спрощеним виразом «Math is not adding up», та система привела повідомлення вже англійською мовою до більш літературного варіанту.

Таким чином, проаналізований нами ШІ елемент системи для автоматизованого перекладу гри «DC: Dark Legion» виказав такі недоліки, зокрема невдале відтворення власних назв, стандартизація розмовної мови під літературну та інші помилки. Все це свідчить про недосконаліть машинного перекладу на даному етапі, але так само і про динамічний процес розвитку комп’ютерних технологій. Застосування штучного інтелекту в даній сфері можна вважати скоріш задовільним ніж відмінним.

Перелік джерел посилання

1. Karaban, V., &Karaban, A. AI-translatedpoetry: IvanFranko'spoemsin GPT-3.5-driven machineandhuman-producedtranslations. *ForumforLinguisticStudies.* 2024. Vol. *6, № 1*. P. 7.

2. Yang, C., Chen, J., Hou, S., Wider, W., &Yi, W. L. How AI BenefitsStudentTranslators: AnExploratoryStudyontheImpactofChatGPTFeedbackonTranslationProficiency. *ForumforLinguisticStudies. 2025.*Vol. *7 №* 10. P. 526–541.

УДК 330.46:519.87

Гашутіна Є. Є.,
студент 2 курсу магістратури спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Інформаційні системи»

Бредіхін В. М.,
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій

МОДЕЛЮВАННЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ: СЦЕНАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІ ЯК МІСТ МІЖ БІЗНЕС-СТРАТЕГІЄЮ ТА ОСОБИСТИМ ЖИТТЯМ

Харківський університет міського господарства ім О.М. Бекетова, Україна

Постановка проблеми

Швидкі зміни та невизначеність роблять класичні прогнози ненадійними. Бізнес і особисті рішення — від інвестицій в освіту до зміни професії — більше не можна планувати лише за минулим досвідом. Традиційний підхід «найімовірнішого» прогнозу створює хибні орієнтири та підвищує ризик помилок [1]. Генеративний ШІ пропонує альтернативу: моделює різні сценарії — від оптимістичних до кризових — дозволяючи оцінити потенційні загрози, розширити горизонт бачення та забезпечити більш стійке стратегічне планування і в бізнесі, і в особистому житті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Генеративні та ймовірнісні моделі ШІ швидко переходять від експериментальних доказів до практичних застосувань у прогнозуванні: від погоди й енергетики до фінансів і стратегічного планування компаній [2]. Останні огляди показують дві головні тенденції —зростання ролі ML/GenAI у створенні множинних [3], взаємозв'язаних сценаріїв (scenario generation) і підвищена увага до оцінки невизначеності (probabilistic forecasting) замість детермінованих прогнозів [4].

Практичні кейси (метеопрогнози, енергетика, фінанси) демонструють, що комбінування традиційних моделей (фізичних або економетричних) з ML дає більш швидкі й часто точніші багатосценарні прогнози, але викликає питання про інтерпретованість і надійність в екстремальних ситуаціях.

Постановка задачі

З огляду на зростання складності середовища прийняття рішень виникає потреба перейти від лінійних прогнозів до підходів, що враховують декілька можливих сценаріїв розвитку подій[5]. Завдання полягає у визначенні того, наскільки штучний інтелект може бути надійним інструментом для формування таких багатоваріантних прогнозів у бізнесі та особистому житті.

Потрібно оцінити, чи здатні генеративні та аналітичні моделі ШІ виявляти приховані залежності, працювати з великими обсягами даних і створювати альтернативні траєкторії майбутнього, які мають практичну цінність. Важливо також дослідити рівень точності таких моделей і межі довіри до них: у яких випадках прогнози ШІ можуть підтримати стратегічні рішення, а коли вони залишаються лише гіпотетичними конструкціями.

Постановка задачі передбачає аналіз можливостей, обмежень і ризиків використання ШІ у сценарному моделюванні. Центральне питання, що формує фокус дослідження: чи може штучний

інтелект допомогти побачити не один прогноз, а спектр можливих майбутніх, і наскільки обґрунтованою є довіра до таких прогнозів?

Виклад основного матеріалу

Протягом десятиліть стратегічне планування базувалося на одному "найбільш імовірному" прогнозі: лінія тренда, пара коефіцієнтів, графік — і бюджет готовий. Реальність давно вийшла за межі лінійних моделей [6]. Складність систем і швидкі зміни ключових факторів роблять один прогноз радше джерелом ілюзій, ніж точкою опори. Концепти VUCA-середовища та "Чорного лебедя" не просто метафори — це попередження: поодинокі сценарії не витримують багатовимірної невизначеності.

Сценарне планування дозволяє працювати з набором можливих майбутніх траєкторій, а не з однією "правдоподібною" версією. Це не вгадування майбутнього, а підготовка до його різних форм. Foresight-дослідження дедалі більше зміщуються від детермінованих прогнозів до генерації альтернативних сценаріїв, де невизначеність — природна характеристика системи [7].

Генеративний ШІ посилює цей підхід. Він не усуває невизначеність, але структуризує її, моделюючи різні траєкторії розвитку подій на основі складних зв'язків і великих масивів даних. Компанії отримують змогу аналізувати кілька сценаріїв одночасно, оцінюючи ймовірності та наслідки: наприклад, стабільне зростання — 60%, помірний спад — 25%, кризовий розвиток —

Традиційна стратегія "план А" більше не витримує темпу змін. ШІ формує модель майбутнього як паралельні світи: оптимістичний, песимістичний, кризовий, екстремальний. Дані обробляються алгоритмами, які швидко перетворюють економічні, технологічні й поведінкові показники на узгоджені сценарії. Практично це виглядає так: система аналізує історичні ринки, поведінку споживачів, регуляторні зміни та внутрішні операції компанії, генерує 3–4 сценарії з логікою розвитку й ймовірностями. Потім компанія тестує стратегію: як бюджет, операційна модель або модель попиту поводитимуться в кожному сценарії [9]. Критичні вразливості сигналізують про необхідність змін. Мультисценарність дозволяє готуватися до несподіванок, не втрачаючи контроль над розвитком.

Традиційний бюджет — статичний документ, який застаріває ще до початку року. Динамічні моделі ШІ пропонують адаптивний розподіл ресурсів за активованим сценарієм. Алгоритми відстежують "ранні індикатори", зміни споживчої активності, поведінку конкурентів, цінові коливання, обсяги виробництва і пропонують корекцію бюджету в режимі реального часу. Наприклад, при ознаках уповільнення ринку та скорочення маркетингових витрат; при ознаках оптимізму це прискорене масштабування інвестицій [10].

ШІ робить стратегічне планування живою системою. Він не директивний радник, а інструмент швидкого "перепроектування" дій компанії, підвищуючи стійкість до зовнішньої нестабільності та якість рішень [11]. Тенденція поширюється на особисте життя. Персональні моделі аналізують переїзд, зміну роботи, інвестиції в освіту чи кар'єру, створюючи альтернативні траєкторії: потенційний дохід, ризики, витрати часу на адаптацію. Це зменшує емоційні упередження й дає об'єктивовану картину наслідків.

Єдиний підхід до моделювання майбутнього поєднує корпоративні алгоритми й приватне життя. Методи, що прогнозують ринки, здатні моделювати кар'єрні траєкторії або життєві зміни.

Але виклики зростають. Хто відповідає за рішення, прийняті на основі ШІ? Надмірна залежність від моделей загрожує втратою критичного мислення: алгоритм пропонує, людина обирає. Етика використання моделей має бути балансом — ШІ структурує складні дані й генерує альтернативи, але не приймає остаточних рішень [12].

Таким чином, стратегічне планування та особисте прийняття рішень стають мультисценарними, динамічними та адаптивними. ШІ не пророк і не гарантія успіху, але він перетворює невизначеність із джерела хаосу на керований ресурс, відкриваючи шлях до більш усвідомлених рішень у бізнесі та житті.

Висновки

Стратегічне планування та особисті рішення більше не можуть покладатися на один прогноз, оскільки швидкі зміни й висока невизначеність роблять традиційні методи ненадійними.

Генеративний ШІ пропонує інший підхід: багатосценарне моделювання, яке дозволяє оцінювати різні траєкторії розвитку подій із вказанням ймовірностей та наслідків. Компанії та окремі особи можуть тестувати стратегії за кількома сценаріями одночасно, виявляти критичні вразливості та адаптувати ресурси в режимі реального часу. ШІ не усуває невизначеність, але структурує її, надаючи інструмент для більш усвідомленого та гнучкого прийняття рішень. Використання таких моделей потребує етичного підходу та критичного мислення: алгоритми генерують альтернативи, але остаточний вибір залишається за людиною. Загалом, ШІ перетворює невизначеність із ризику на ресурс для адаптивного й стійкого розвитку бізнесу та особистого життя.

Перелік джерел посилання

1. Hassani H., Silva E.S. Прогнози за допомогою генеративних моделей штучного інтелекту: до нового стандарту у практиці прогнозування. Information, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.3390/info15060291 MDPI+1
2. Spaniol M.J., Rowland N.J. Генерація сценаріїв для стратегічного планування за допомогою ШІ. Futures & Foresight Science, 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.1002/ffo2.148 econpapers.repec.org+1
3. Hao H., Wang Y., Chen J. Розширення сценарного планування за допомогою штучного інтелекту: перспективи для розумних і стійких міст. Technological Forecasting and Social Change, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.06.012 ScienceDirect+1
4. López Solís O., Luzuriaga Jaramillo A., Bedoya Japa M. та ін. Вплив генеративного ШІ на стратегічне прийняття рішень у підприємницьких ініціативах: систематичний огляд літератури. Administrative Sciences, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.3390/admsci15020066 MDPI+1
5. Ganguli S., Mercado A., Byrnes C.J., Davitt J.D., Fitzpatrick J.J., Howell C.W. Бізнес-прогнозування у співпраці з генеративним ШІ. Preprint, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.20944/preprints202505.0467.v1 preprints.org
6. Ferrer i Picó J. Генерація майбутніх сценаріїв за допомогою інструментів генеративного ШІ. Звіт / дисертація UPC, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://upcommons.upc.edu/bitstreams/e71b3bcd-71a7-4d69-8a76-d1c1bc66019a/download
7. Liu S., Ghosh R., Motani M. До покращеного довготривалого прогнозування часових рядів за допомогою генеративних змагальних мереж (GenF). arXiv, 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2110.08770
8. Zand J., Roberts S. Моделі умовних генеративних мереж із сумішшю щільностей (MD-CGAN). arXiv, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2004.03797
9. Niu Z., Huang W., Huang S. та ін. Інтелектуальна модель тайфунів Шанхаю (ISTM): генеративний ймовірнісний емулятор для гібридного моделювання тайфунів. arXiv, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2508.16851
10. Sha Y., Sobash R.A., Gagne D.J. II. Покращення ансамблевих прогнозів екстремальних опадів за допомогою генеративного ШІ. arXiv, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2407.04882
11. Dumas J., Wehenkel A., Lanaspeze D., Cornélusse B., Sutera A. Глибока генеративна модель для ймовірнісного прогнозування енергетики у системах живлення: нормалізуючі потоки. arXiv, 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/abs/2106.09370
12. European Parliamentary Research Service. Розширене передбачення: трансформаційна сила генеративного ШІ для передбачуваного управління. EPRS briefing, 2025. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2025/774665/EPRS_BRI(2025)774665_EN.pdf

УДК 004.934.2:621.382

Глущенко Я. О.,
студент 4 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Дроздова Є. А.,
старший викладач кафедри комп'ютерних систем та мереж

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ НОУТБУКУ LENOVO IDEAPAD GAMING 3 15ACH6

Херсонський національний технічний університет, Україна

Актуальність теми

Сучасні портативні комп'ютери поєднують високу продуктивність із компактністю, що забезпечується оптимізацією компонентів, і це призводить до збільшення теплових навантажень та ризику апаратних збоїв. Особливо це стосується ігрових ноутбуків, де апаратні компоненти працюють на підвищених частотах. [1]

Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 належить до поширеної серії пристроїв, що активно використовуються у навчанні, роботі та розважальних задачах. Внаслідок цього ноутбук піддається інтенсивному зносу, а своєчасна та коректна діагностика стає необхідною для підтримки його працездатності.

Розробка спеціалізованої комп'ютерної системи діагностики дозволить автоматизувати процес аналізу стану пристрою, виявити відхилення характеристик від номінальних значень та оптимізувати обслуговування. Окрім підвищення надійності, система діагностики буде сприяти раціональному використанню енергоресурсів, оскільки контроль температурних і живильних параметрів дозволяє оптимізувати споживання енергії та продовжити термін служби обладнання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасна науково-технічна літературі приділяє значну увагу питанню діагностики апаратного стану комп'ютерів, зокрема ноутбуків. Це пов'язано зі зростанням складності та інтегрованості компонентів, підвищеними тепловими навантаженнями, а також необхідністю у своєчасному визначені відхилень від нормального функціонування.

У дослідженні [2] було розглянуто створення експертної системи для аналізу відповідей користувача щодо симптомів несправностей ноутбука для його діагностики. Воно показує, що застосування правил і знань експерта дозволяє автоматизувати процес пошуку причин несправностей.

В іншому досліджені [3] застосовується метод «forward chaining» (пряме логічне виведення) для діагностики апаратних і програмних пошкоджень ноутбуків з використанням експертної системи. У ньому наведено приклад використання програмної частини, яка має аналізувати зібрані дані та формувати висновки і рекомендації.

У роботі [4] систематизовано типові відмови апаратного обладнання комп'ютерів. Отримані результати допомагають визначити, які саме параметри потрібно вимірювати в системі діагностики ноутбука щоб виявити несправності.

Огляд методів діагностики

Для діагностики ноутбуків застосовують апаратні та програмні методи.

Апаратні методи передбачають збір параметрів роботи компонентів: сенсорів температури, живлення, накопичувачів, оперативної пам'яті тощо.

Програмні методи забезпечують моніторинг, тестування та аналіз отриманих даних для виявлення ознак зносу компонентів або порушення стабільності роботи системи.

Недоліком такого підходу є необхідність використання кількох програмних засобів одночасно, що ускладнює аналіз та підвищує ймовірність похибок.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка інтегрованої комп'ютерної системи діагностики ноутбуку Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6.

Виклад основного матеріалу

Комп'ютерна система діагностики ноутбуку поділена на апаратну та програмну частини.

Апаратна частина (пристрій діагностики) повинна забезпечувати збір параметрів системи у реальному часі та включати такі функціональні блоки:

- Блок контролю температури. Отримує дані з термодатчиків CPU та GPU.
- Блок контролю параметрів живлення. Відстежує напругу, струм та стан акумулятора.
- Блок контролю накопичувачів. Зчитує SMART-параметри та швидкість доступу даних.
- Блок перевірки оперативної пам'яті. Виконує тестування RAM.

Мікроконтролерний модуль виконує збирання та попередню обробку сигналів з датчиків і передає результати до програмної частини. На рисунку 1 зображено схему обміну даними між апаратною та програмною частиною системи діагностики.

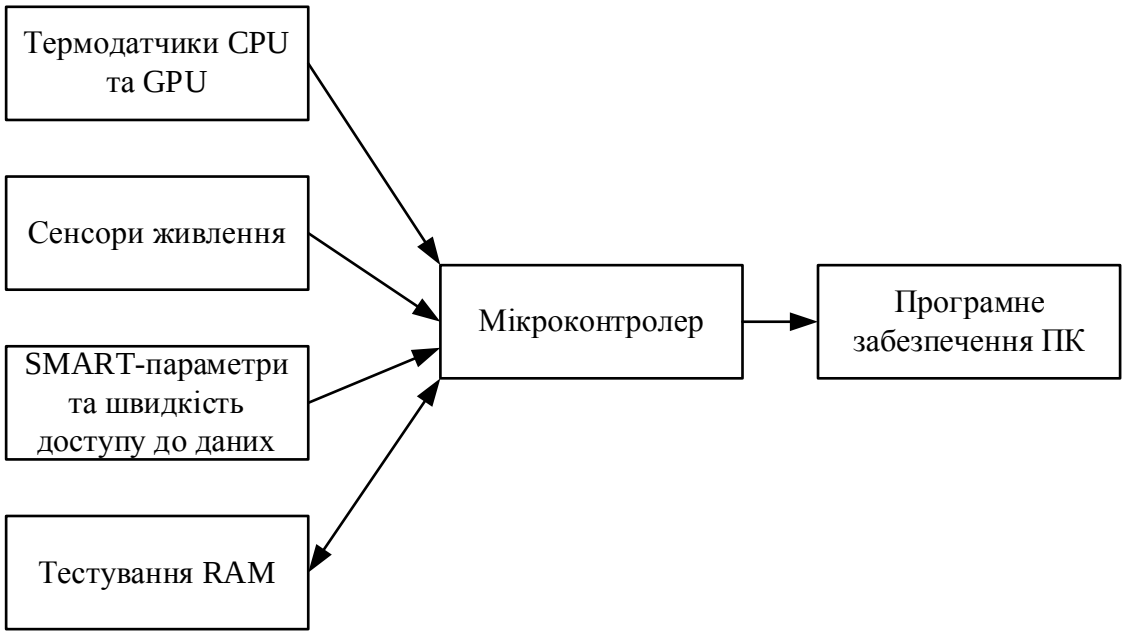


Рисунок 1. Схема обміну даними в системі діагностики

Програмне забезпечення системи діагностики виконує [5, 6]:

- моніторинг температури, напруги, навантаження CPU і GPU із використанням HWMonitor та AIDA64;
- тестування оперативної пам'яті за допомогою MemTest86;
- аналіз SMART-параметрів накопичувачів у CrystalDiskInfo;
- візуалізацію параметрів у вигляді графіків і таблиць;
- формування підсумкового діагностичного звіту та рекомендацій.

Запропонована система має об'єднати діагностичні процедури в єдиний програмний інтерфейс, скоротивши час обслуговування і підвищивши точність оцінки технічного стану ноутбука.

Висновки

Розробка комп'ютерної системи діагностики для Lenovo IdeaPad Gaming 3 15ACH6 дозволить автоматизувати процес контролю технічного стану ноутбука та підвищити ефективність його експлуатації. Створення інтегрованого діагностичного модуля забезпечить комплексний підхід аналізу апаратних параметрів і сприятиме запобіганню апаратних відмов. У подальшому розвиток системи може бути спрямований на інтеграцію з мобільними застосунками або хмарними сервісами моніторингу, що забезпечить віддалений доступ до діагностичних даних та підвищить зручність експлуатації ноутбука.

Перелік джерел посилання

1. The Pros and Cons of Buying a Gaming Laptop. MUO. URL: https://www.makeuseof.com/gaming-laptop-pros-cons/ (дата звернення: 05.11.2025).

2. Tan S. W. J., Samsudin N. A., Aswad F. M., Khalaf B. A. An Expert System for Laptop Fault Diagnostic Assistance. Journal of Soft Computing and Data Mining. 2021. Vol. 2, no. 1. P. 41—52. URL: https://www.researchgate.net/publication/351001912 (date of access: 07.11.2025).

3. Dwiyan E.O.R. Expert system for damage diagnosis on laptop using forward chaining method. International Journal of Electrical Engineering and Information Technology. 2022. Vol. 5, no. 1. P. 12—21. URL: https://www.researchgate.net/publication/361150234 (date of access: 07.11.2025).

4. Lang J. Research on Common Faults and Maintenance Methods of Computer Hardware Equipment. Academic Journal of Computing & Information Science. 2024. Vol. 7, no. 1. P. 86—92. URL: https://francis-press.com/papers/14563 (date of access: 10.11.2025).

5. 6 простих інструментів та прийомів для тестування та діагностики ноутбука. F1Center. URL: https://f1center.ua/ua/it_is_interesting/6-prostyh-instrumentov-i-priemov-dlya-testirovaniya-i-diagnostiki-noutbuka-16122022 (дата звернення: 11.11.2025).

6. Безплатні програми для діагностики, моніторингу та тестування комп'ютера. BiblProg. URL: https://biblprog.org.ua/ua/diagnostic/ (дата звернення: 11.11.2025).

УДК 004.8:004.02:334.06

Демидович Д. П.,
магістрант 2 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Кублій Л. І.,
к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

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

Постановка проблеми

Сучасні тенденції демонструють активне використання підприємствами автоматизованих CRM-систем для фінансового обліку. Такі системи акумулюють значні масиви даних — від інформації про доходи й витрати до показників дебіторської і кредиторської заборгованостей, операцій з контрагентами і динаміки грошових потоків. Традиційні підходи до аналізу цих даних вимагають, щоб відповідальна особа самостійно переглядала інформацію, структурувала її і проводила огляд фінансового стану за певний період. Внаслідок цього виникають проблеми, пов'язані зі значними трудовими витратами, ризиком несвоєчасного виявлення відхилень і впливом людського фактора. Це формує потребу у впровадженні автоматизованих рішень, здатних самостійно структурувати фінансові дані, виконувати аналітичні розрахунки й виявляти аномалії [1]. Використання методів штучного інтелекту дає змогу швидко й наочно представити результати аналізу та забезпечити своєчасну підтримку управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні підходи до фінансової аналітики дедалі частіше передбачають застосування методів машинного навчання та інтелектуального аналізу даних, що дає змогу автоматизувати виявлення закономірностей у великих масивах структурованої фінансової інформації [2]. Використання таких підходів значно зменшує вплив людського фактора, підвищує точність оцінок і забезпечує своєчасність прийняття управлінських рішень [3]. Це особливо важливо для малих і середніх підприємств, які зазвичай не мають достатніх ресурсів для проведення глибокої фінансової аналітики власними силами.

Постановка задачі

Метою дослідження є створення концептуального підходу до інтеграції інструментів штучного інтелекту в систему фінансового моніторингу підприємства для автоматизації процесу оцінювання його ефективності. Для цього запропоновано архітектуру, яка поєднує модулі обробки структурованих фінансових даних, виконання аналітичних розрахунків, прогнозування ключових показників і виявлення аномалій. Основна ідея полягає у створенні адаптивної моделі, яка мінімізує потребу в прямому втручанні користувача і забезпечує подання результатів аналізу в зрозумілому й зручному форматі.

Виклад основного матеріалу

Створений веб-застосунок для аналізу ефективності роботи підприємств слугує інструментом, який дає змогу систематизувати всі ключові аспекти керування фінансовою діяльністю компанії. Основні можливості системи охоплюють контроль фінансових потоків, формування звітності, здійснення виплат заробітної плати, перегляд аналітичних показників на основі доходів і витрат, а також отримання рекомендацій і порад. Крім того, застосунок підтримує інтерактивну взаємодію у форматі чат-консультацій, завдяки чому користувач у режимі реального часу може ставити запитання щодо отриманих аналітичних висновків та отримувати персоналізовані відповіді.

Першим кроком є впорядкування всіх джерел фінансової інформації та формування єдиної стандартної структури даних, яка включає ключові показники доходів, витрат і стану дебіторської й кредиторської заборгованостей [2]. Далі дані проходять попередню обробку: очищення від помилкових або неповних записів, нормалізацію і приведення до узгоджених форматів дат і валют. Така підготовка створює якісну базу для роботи аналітичних алгоритмів і побудови моделей. Проведений попередній аналіз показав, що саме цей рівень деталізації даних є типовим для більшості малих підприємств, тому обрана структура вважається оптимальною і придатною для широкого застосування.

Аналітичний модуль системи обчислює ключові фінансові коефіцієнти, які характеризують ліквідність, рентабельність, операційну результативність та управлінську стабільність підприємства. Усі отримані значення приводяться до уніфікованого діапазону 0–1, що дає змогу надалі їх агрегувати. У рамках дослідження запропоновано формальну модель для визначення інтегрального показника Financial Health Score, який відображає комплексну оцінку фінансової стійкості компанії:

$$FHS = \omega_1 \cdot S_L + \omega_2 \cdot S_P + \omega_3 \cdot S_O + \omega_4 \cdot S_M ,$$

де S_L , S_P , S_O і S_M — часткові коефіцієнти ліквідності, прибутковості, операційної ефективності й управлінської стабільності відповідно, а ω_i — вагові коефіцієнти, які відображають їхню відносну вагу.

На відміну від традиційних підходів, які ґрунтуються на розгляді окремих коефіцієнтів ліквідності чи рентабельності, запропоноване рішення об’єднує їх у єдину зважену функцію, що забезпечує більш узагальнену й збалансовану характеристику фінансового стану підприємства. Подана формула є авторською адаптацією інтегрального методу фінансового аналізу, орієнтованою на роботу з обмеженим набором структурованих показників (доходи, витрати, дебіторська і кредиторська заборгованість).

Модуль прогнозування фінансових показників є важливою складовою системи. Для реалізації прогнозування використано статистичну модель ARIMA [4], яка працює з часовими рядами й аналізує динаміку показників у часі, та інструментарій XGBoost [5], який застосовує методи машинного навчання для виявлення складних, зокрема нелінійних, залежностей між даними. Проведені експерименти засвідчили, що модель XGBoost демонструє на 15–20% вищу точність прогнозування порівняно з ARIMA, що підтверджує доцільність комбінування традиційних статистичних методів із сучасними алгоритмами машинного навчання.

У процесі розробки застосунку реалізовано модуль виявлення аномалій у фінансових потоках на основі алгоритму Isolation Forest [6]. Наприклад, система ідентифікує транзакції, суми яких суттєво перевищують медіанне значення для конкретного контрагента. Такий підхід дає

можливість виявляти нетипові операції, які можуть свідчити про помилки персоналу або спроби шахрайства. Використання цього алгоритму забезпечує додатковий рівень контролю та підвищує безпеку автоматизованої аналітики.

Інтеграція модулів штучного інтелекту дає можливість не лише автоматизувати проведення фінансового аналізу, а й підвищує прозорість та ефективність управлінських рішень. Основною перевагою для користувача є автоматичне формування результатів у зручному наочному вигляді, що особливо важливо для компаній, які не мають власних фінансових аналітиків. Система здатна генерувати короткі пояснення до показників, наприклад «низька ліквідність» або «зростання дебіторської заборгованості», що спрощує сприйняття фінансового стану і допомагає швидко виявляти потенційні ризики без необхідності глибоких знань у фінансах.

Ефективність запропонованого рішення підтверджена експериментально. На тестовому наборі даних, який охоплював 24 місяці операційної діяльності умовного підприємства, система показала здатність відтворювати основні фінансові тенденції та ідентифікувати періоди з підвищеним ризиком. Використання інтегрального показника FHS дало можливість спростити інтерпретацію результатів і надало єдину шкалу для оцінки фінансового стану підприємства.

Висновки

Інтеграція розрахункових, прогностичних та аналітичних модулів забезпечує створення повноцінної системи фінансового моніторингу, здатної не лише оцінювати поточний стан підприємства, а й формувати рекомендації для оптимізації управлінських рішень. Автоматизований підхід надає користувачеві зрозумілу й доступну аналітику, що спрощує контроль фінансових потоків і підвищує ефективність бізнес-процесів. Проведене дослідження підтверджує доцільність застосування методів штучного інтелекту в фінансовому менеджменті, особливо для малого й середнього бізнесу. Запропонований підхід до розрахунку інтегрального показника Financial Health Score може слугувати базою для подальшого розвитку систем оцінки фінансової стійкості підприємств. У перспективі модель доцільно доповнити зовнішніми економічними факторами, сезонністю, динамікою валютних курсів та адаптивним навчанням моделей на основі зворотного зв’язку користувачів, що підвищить точність і практичну цінність аналітичної системи.

Перелік джерел посилання

1. Quigley C., Barlow E.V. Artificial Intelligence Integration for Business. *Erich Barlow*. July 27. 2024. P. 10-22.

2. AI в роботі бізнес-аналітика: погляд на 2024 рік: веб-сайт. URL: https://e5.ua/uk/blogpost-2/ai-v-roboti-biznes-analityka-poglyad-na-2024-rik/ (дата звернення 20.11.2025).

3. Shankar A., Natarajan A. K. AI-Powered Business Intelligence for Modern Organizations. *Advanced IGI Global Scientific Publishing*. October. 2024. P. 256-263.

4. Brockwell P. J., Davis R. A. Time Series: Theory and Methods. 3rd ed. *Springer*. 2016. 428 p. URL: https://weblibrary.mila.edu.my/upload/ebook/management%20_and_business/2016_Book_IntroductionToTimeSeriesAndFor.pdf (дата звернення 20.11.2025).

5. Andrich van Wyk. Machine Learning with LightGBM and Python. *Packt Publishing*. September 29. 2023. P. 66-75.

6. Machine Learning and Cryptographic Solutions for Data Protection and Network Security / Ruth J. A. *IGI Global*.2024. P. 285-291.

УДК 004.451:004.421.2

Жук К. О.,
студент 4 курсу
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Дроздова Є. А.
Старший викладач кафедри
Комп'ютерних систем та мереж

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТВЕРДОТІЛЬНОГО НАКОПИЧУВАЧА SSD KINGSTON A400

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Комп'ютери стали основним інструментом у повсякденному житті людини. Вони використовуються у всіх сферах діяльності – від навчання і роботи до розваг та наукових досліджень. Одним із найважливіших компонентів будь-якого комп'ютера є пристрій зберігання даних. Саме він відповідає за збереження операційної системи, програм, файлів користувача та загальну швидкодію системи.

Сьогодні великого поширення набули твердотільні накопичувачі (SSD), які поступово витісняють традиційні жорсткі диски (HDD). Їхня перевага полягає у високій швидкості зчитування та запису даних, низькому енергоспоживанні, безшумній роботі та відсутності рухомих механічних частин [1].

Твердотільні накопичувачі працюють на основі флеш-пам'яті типу NAND, у якій інформація зберігається у вигляді електричних зарядів. На відміну від магнітних дисків, SSD не мають обертових пластин, що робить їх менш вразливими до механічних пошкоджень. Проте, як і будь-яка техніка, SSD з часом зношується. Кожна комірка пам'яті має обмежену кількість циклів перезапису, після чого вона втрачає здатність утримувати дані [2]. Це призводить до зниження швидкодії або навіть виходу накопичувача з ладу.

Аналіз останніх досліджень

Найпоширеніші проблеми з SSD пов'язані із зношуванням комірок пам'яті, перегрівом або збоями у роботі контролера. Одним із способів своєчасного виявлення таких проблем є використання системи самодіагностики SMART (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) [2]. Ця система дозволяє відстежувати основні параметри роботи накопичувача, зокрема температуру, кількість переназначених секторів, час роботи, кількість циклів запису, а також загальний стан здоров'я диска. Завдяки аналізу цих параметрів можна оцінити залишковий ресурс SSD і спрогнозувати можливі збої.

Для моніторингу стану накопичувача існують різні програмні рішення, наприклад CrystalDiskInfo, SSDlife, Kingston SSD Manager та інші, які дозволяють переглядати SMART-показники в операційній системі [1],[2]. Проте такі програми залежать від роботи самої ОС і не дозволяють контролювати стан диска апаратно, безпосередньо через зовнішній пристрій. Тому виникає потреба у створенні автономної системи діагностики, що зможе в реальному часі відображати основні параметри SSD на зовнішньому дисплеї.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка комп'ютерної системи діагностики твердотільного накопичувача, яка дозволяє відслідковувати основні параметри накопичувача (температуру, рівень заповненості накопичувача) та повідомляти користувача про відхилення за допомогою світлової або звукової сигналізації. Реалізація системи має враховувати обмеження, пов'язані з тим, що мікроконтролер Arduino не може безпосередньо зчитувати SMART-дані, тому збір інформації виконується програмною частиною на комп'ютері з подальшою передачею параметрів через послідовний порт.

Виклад основного матеріалу

Для реалізації цієї ідеї прийнято рішення розробити комп'ютерну систему діагностики на основі мікроконтролера типу Arduino. Мікроконтролер Arduino не призначений для безпосереднього зчитування SMART-параметрів, однак може працювати як посередник між комп'ютером і зовнішнім модулем відображення [3]. На комп'ютері реалізується програмна частина, що збирає дані про стан SSD і передає їх через послідовний порт до Arduino, який відображає інформацію на екрані. Такий підхід дозволяє створити просту, але ефективну систему діагностики, здатну своєчасно повідомляти користувача про зміни у стані накопичувача. Логіка роботи системи передбачає послідовну взаємодію її компонентів: комп'ютер здійснює зчитування SMART-параметрів SSD та формує пакет діагностичних даних, далі передає інформацію через послідовний інтерфейс до мікроконтролера Arduino, який обробляє отримані дані та відображає ключові параметри на LCD-дисплеї, а у разі виявлення критичних значень генерує світлову або звукову сигналізацію. Така структура обміну забезпечує безперервний контроль стану накопичувача в режимі реального часу.

Комп'ютер з твердотільним накопичувачем, для якого необхідна діагностика, підключається за допомогою USB-порта до мікроконтролера. Також, до мікроконтролера буде підключено наступні компоненти: РК дісплей з припаяним до нього модулем I2C, п'єзоелектричний динамік [4].

На рисунку 1 представлено структурну схему пристрою діагностики.

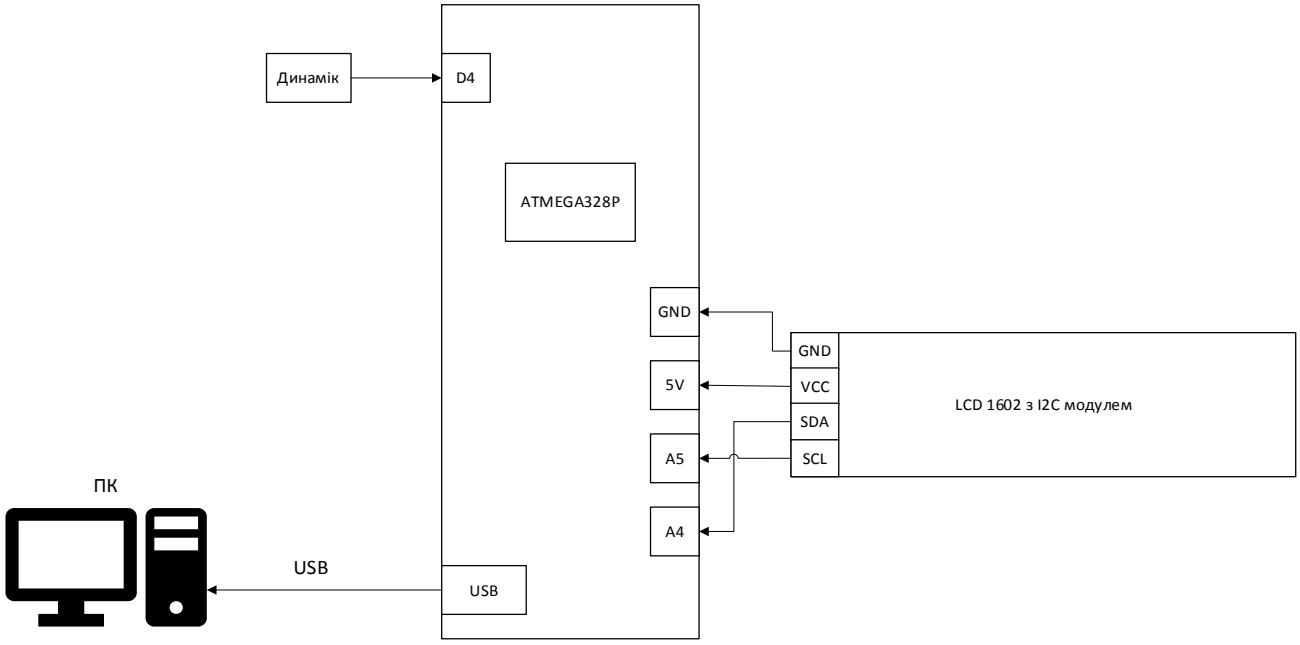


Рисунок 1 – Структурна схема системи діагностики

Схему можна удосконалити, наприклад, додаванням датчика температур та датчиком напруги, для більш розширеної діагностики.

Висновки

Розроблена система дозволяє у реальному часі контролювати технічний стан SSD Kingston A400, що забезпечує своєчасне виявлення критичних станів та підвищує надійність експлуатації комп'ютерних систем. Використання Arduino робить систему простою, дешевою та придатною для навчальних і практичних цілей. У подальшому систему можна розширити шляхом додавання апаратних датчиків температури та напруги, а також інтегрувати бездротовий обмін даними для віддаленого моніторингу.

Перелік джерел посилання

1. Kingston Technology. A400 Solid-State Drive – Product Specifications. URL: https://www.kingston.com/en/ssd/a400-solid-state-drive (дата звернення: 06.11.2025).

2. SMART Monitoring Tools Documentation. URL: https://www.smartmontools.org (дата звернення: 06.11.2025).
3. Arduino Documentation. URL: https://www.arduino.cc (дата звернення: 06.11.2025)
4. I2C Serial Interface 1602 LCD Module. URL: https://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf (дата звернення: 06.11.2025)

УДК 004.9:502.55(477)

Іващук В. А.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Полягушко Л. Г.,
к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технології в енергетиці

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ ДОВКІЛЛЮ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

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

Постановка проблеми

Воєнні дії на території України спричинили масштабні екологічні та економічні втрати, пов'язані з руйнуванням промислових об'єктів, забрудненням водних ресурсів, ґрунтів та лісових масивів. Традиційні методи обліку таких порушень не забезпечують належної точності, оперативності та інтеграції просторових даних. Процес оцінювання збитків вимагає автоматизації, оскільки ручний розрахунок на основі нормативних формул є трудомістким і часто призводить до помилок. Таким чином, актуальною є розробка інтерактивної інформаційної системи, що дозволяє здійснювати просторовий аналіз, розрахунок збитків та формування аналітичних звітів у єдиному середовищі.

Аналіз досліджень та публікацій

У науковій та нормативній літературі висвітлено методики розрахунку збитків, завданих водним, земельним і лісовим ресурсам під час надзвичайних ситуацій та воєнних дій. Зокрема, чинні документи державних органів, які регламентують коефіцієнти небезпечності, критерії класифікації забруднень та формули економічної оцінки втрат, а саме: Методики визначення розміру шкоди завданої ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану [1]; Методики визначення шкоди та збитків заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації [2]; Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [3]; Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів [4]. Водночас існуючі системи екологічного моніторингу, такі як ЕкоЗагроза [5] або saveecobot [6] здебільшого не передбачають роботи з просторовими геометричними даними в інтерактивному форматі, не дозволяють автоматично визначати частки ураження за адміністративними територіями та не інтегрують розрахункові моделі збитків у комплексний інструмент.

Наявні підходи не забезпечують повноцінної автоматизації процесу оцінювання збитків. Відсутні інструменти, які поєднують інтерактивне нанесення зон ураження на карту, класифікацію територій за типами (вода, земля, ліс), автоматичні розрахунки за нормативними методиками, пропорційний розподіл збитків між областями, формування структурованих звітів із можливістю подальшої аналітики. Ці задачі потребують єдиної веборієнтованої системи з підтримкою геопросторової аналітики.

Постановка задачі

Метою роботи є створення геоінформаційної системи автоматизованого оцінювання екологічних та економічних збитків довкіллю від воєнних дій. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати чинні методики оцінки збитків; спроєктувати архітектуру системи та структуру бази даних; реалізувати модулі картографування, розрахунків та звітності; розробити алгоритм геопросторового розподілу збитків між областями; протестувати працездатність системи та оцінити точність розрахунків.

Виклад основного матеріалу

Розроблено веборієнтовану платформу, побудовану за клієнт-серверною архітектурою. Клієнтська частина побудована на React та TypeScript. Бекенд реалізований на Node.js з використанням Express та Prisma ORM. На рисунку 1 зображена діаграма компонентів системи.

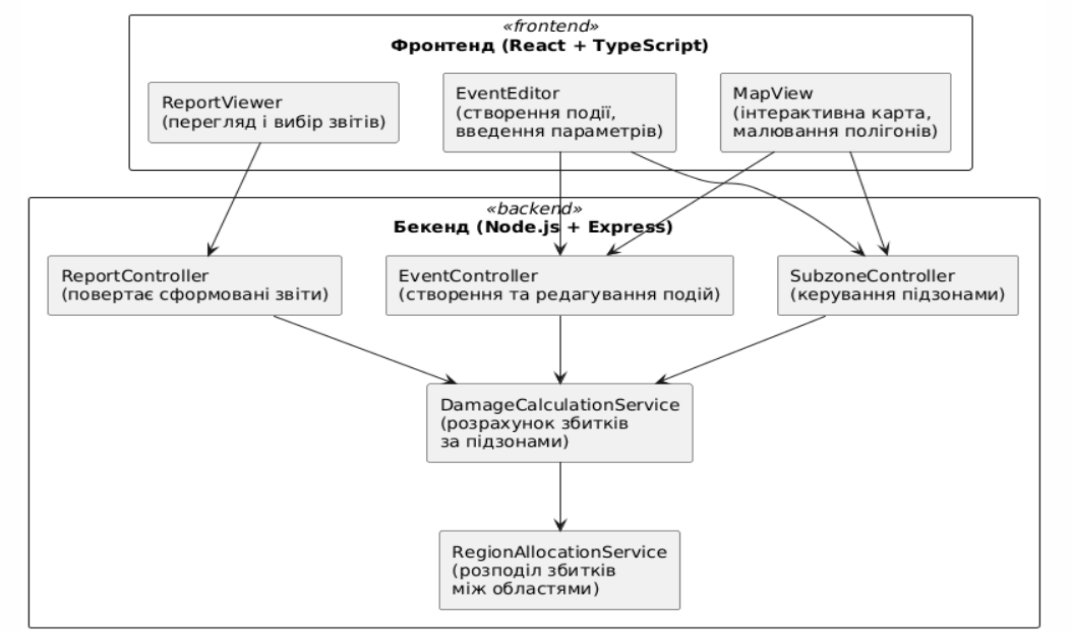


Рисунок 1. Діаграма компонентів

Функціональні можливості системи включають інтерактивне нанесення на карту зон ураження, класифікацію територій за типами природних середовищ (водні об'єкти, земельні ресурси, лісові масиви) та редагування їх геометрії у режимі реального часу. Геометричні дані зберігаються у форматі GeoJSON, що забезпечує точність просторових обчислень і сумісність із ГІС-технологіями.

Для кожної зони користувач вводить набір параметрів згідно з нормативними методиками: категорію об’єкта, коефіцієнти екологічної небезпечності, масу забруднюючих речовин або показники деградації природних ресурсів. Система виконує автоматичну перевірку коректності введених значень.

Модуль розрахунків реалізує автоматичне обчислення збитків за чинними методиками для трьох типів природних середовищ. Для водних зон враховується маса забруднювачів та коефіцієнти токсичності, для земельних – площа деградованих ґрунтів, їхня категорія та коефіцієнти відновлення, для лісових – вид пошкодження насаджень, вікова група та екологічна цінність. Система агрегує результати обчислень та формує підсумкову оцінку збитків.

Ключовою особливістю є реалізація автоматичного геопросторового аналізу для розподілу збитків між областями України. Система визначає належність зон ураження до адміністративних одиниць та пропорційно розподіляє суми збитків. Для кожної області формується окремий звіт, який містить: зони та їх параметри, обчислені збитки за кожним типом природного середовища, загальну суму втрат та структуровані дані у форматі JSON. Звіти зберігаються у базі даних із можливістю пошуку за областю та датою події.

Висновки

Розроблена геоінформаційна система забезпечує автоматизацію процесу оцінювання екологічних та економічних збитків довкіллю внаслідок воєнних дій. Система реалізує інтерактивне картографування зон ураження, автоматичні розрахунки за нормативними методиками та геопросторовий розподіл збитків між областями України з формуванням структурованих звітів.

Апробація підтвердила коректність розрахунків та суттєве підвищення швидкості обробки даних порівняно з ручними методами. Система може застосовуватися державними установами для екологічного моніторингу та підготовки аналітичних звітів. Перспективи розвитку включають інтеграцію із супутниковими системами для автоматичного виявлення зон ураження.

Перелік джерел посилання

1. Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022 №167. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text

2. Методики визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 05.10.2022 № 414. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1308-22#Text

3. Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 28.04.2020 №277. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0414-20#Text

4. Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів: наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 20.07.2009 № 389. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#Text

5. ЕкоЗагроза – екологічні наслідки війни в Україні. URL: https://ecozagroza.gov.ua/

6. SaveEcoBot – екологічний моніторинг та відкриті дані про довкілля. URL: https://www.saveecobot.com/

УДК 004.6

Кізіріді М. О.,
студент 2 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Михайлова І. Ю.,
к.т.н, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗБЕРІГАННЯ ТА ДОСТУПУ ДО ТЕКСТОВИХ ДАНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КЕШУВАННЯ

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

Постановка проблеми

Сучасні веб-застосунки щодня обробляють, зберігають та передають значні обсяги текстових даних – статей, новин, блогів, коментарів. Зі зростанням кількості користувачів, зростає навантаження на систему. Найбільш вразливим елементом таких систем є бази даних, оскільки частота та кількість звернень до неї зростає в геометричній прогресії, що в свою чергу призводить до перевантаження серверів, збільшення часу відповіді та швидкодії системи.

Оптимізація процесів зберігання та доступу до даних є критичною умовою стабільної та швидкої роботи веб-сервісів, зокрема соціальних платформ та інформаційних систем.

Одним із найефективніших підходів до вирішення цієї проблеми є використання кешування – технології, яка дозволяє зберігати найчастіше запитувані дані у швидкодоступній пам'яті (RAM), тим самим мінімізуючи кількість звернень до основного сховища та скорочуючи затримки обробки запитів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання кешування активно розглядається у наукових і технічних джерелах, присвячених побудові масштабованих веб-систем.

У публікаціях Amazon Web Services (AWS) [1] кешування визначається як ключовий механізм підвищення продуктивності хмарних рішень, що дозволяє зменшити затримки відповіді та підвищити відмовостійкість системи.

Стаття Microsoft [2] розкриває підходи до впровадження кешування в веб-сервісах, побудованих з фреймворком ASP.NET Core, включаючи різні підвиди внутрішніх реалізацій кешу.

У статті Design Gurus [3] розгянуто принципи побудови високопродуктивних кешуючих систем, типові стратегії запису та інвалідації кешу.

Ресурси Redisson [4] та Enjoy Algorithms [5] детальніше описують та порівнюють стратегії синхронного (write-through) та асинхронного (write-behind) кешування, оцінюючи ефективність при різних типах навантажень та сценаріях використання.

Дослідження Мілана Йовановича [6] демонструє практичні переваги системи розподіленого кешування Redis при інтеграції з .NET-застосунками.

Попри значний обсяг робіт, переважна частина джерел описує загальні принципи кешування, залишаючи поза увагою деталі інтеграції Redis у складні архітектури з асинхронною обробкою статистичних даних. Саме цю прогалину частково заповнює проведене дослідження.

Постановка задачі

Метою дослідження є підвищення продуктивності веб-застосунку шляхом реалізації кешування з Redis для оптимізації доступу до текстових даних.

Для досягнення цієї мети поставлено такі задачі:

- розробити архітектуру, що поєднує API-сервер, Redis та базу даних PostgreSQL;
- реалізувати механізми кешування для статей, коментарів і динамічних даних (перегляди, лайки);
- провести експериментальне порівняння ефективності системи до і після впровадження кешу.

Виклад основного матеріалу

Розроблена система має три основні рівні:

1. клієнтський, що відповідає за інтерфейс користувача; використовує сучасну бібліотеку React;
2. серверний, де реалізовано логіку кешування; побудований з використанням фреймворку ASP.NET Core;
3. сховище; база даних PostgreSQL, розподілений кеш Redis, сховище об'єктів Amazon S3.

Redis виступає як швидкодійне проміжне сховище, де зберігаються результати часто виконуваних запитів. Наприклад: зміст статей, популярні теги, коментарі або перегляди.

Застосовано дві стратегії:

- синхронне оновлення кешу й бази для критичних операцій, потребуючих актуальності та унікальності, такі як додавання коментаря чи лайку;
- асинхронна синхронізація даних для метрик, періодичність оновлення значення яких можна збільшити, при цьому зберігаючи прийнятну точність даних. Однією з таких метрик є лічильник переглядів.

Під час тестування використовувались інструменти JMeter та Postman. Система обробляла 1000 паралельних запитів до статей із та без кешування.

Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння продуктивності системи з кешуванням та без кешування

Метрика	Без кешування	З кешуванням (Redis)	Покращення
Середній час відповіді (мс)	480	120	-75%
Кількість запитів до БД	1000	340	-66%
Використання CPU (%)	82	53	-35%
Кількість одночасних клієнтів	500	1500	+200%

Як видно з таблиці 1, використання Redis дозволило суттєво скоротити час відповіді сервера та зменшити кількість запитів до бази даних, при цьому збільшивши пропускну здатність системи.

На рисунку 1 подано графік залежності середнього часу відповіді сервера від кількості одночасних користувачів.

Графік має дві криві:

- синю – для сценарію без кешу;
- помаранчеву – для сценарію з Redis.

На графіку можна бачити експоненціальне зростання часу відповіді після 400 одночасних користувачів у системі, що не використовує кешування. У свою чергу, система, що використовує розподілене кешування з Redis, демонструє лінійне зростання часу відповіді із поступовою стабілізацією після 1000 користувачів.

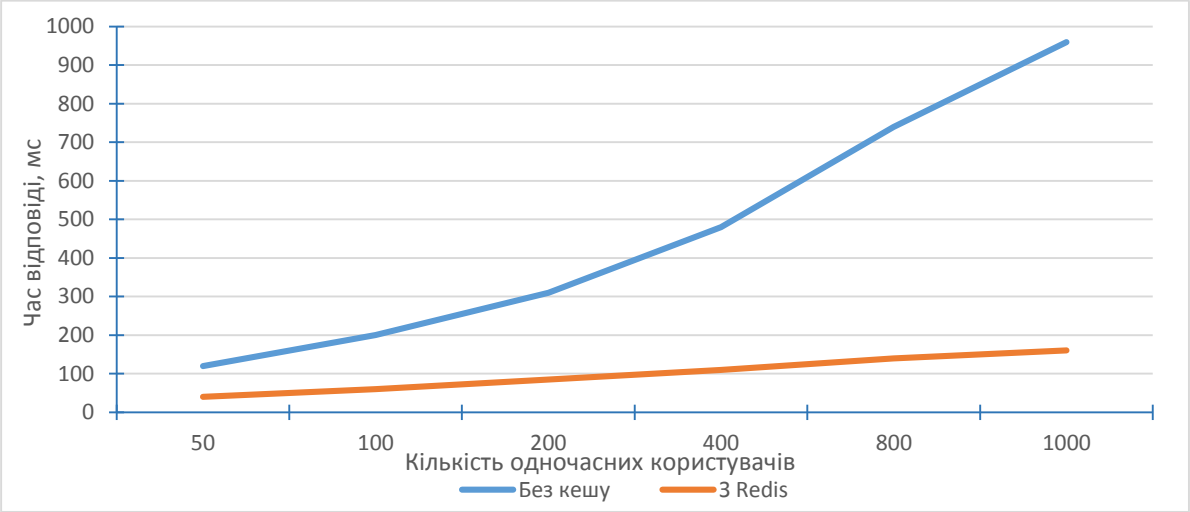


Рисунок 1 – Залежність часу відповіді від кількості клієнтів

Отримані результати свідчать, що впровадження розподіленого кешу з Redis дозволяє підтримувати високу продуктивність навіть при значному навантаженні, забезпечуючи стабільну роботу веб-застосунку.

Висновки

Реалізована система кешування на базі Redis довела свою ефективність у контексті оптимізації доступу до текстових даних.

Завдяки поєднанню стратегій синхронного та асинхронного кешування досягнуто зменшення часу відповіді в середньому у 4 рази, зниження навантаження на базу даних на 60-70%, а також підвищення стабільності роботи при одночасній роботі великої кількості користувачів.

Redis підтвердив статус одного з найефективніших інструментів кешування для сучасних веб-систем, де критичними є швидкодія та масштабованість.

Перелік джерел посилання

1. Amazon Web Services. Caching overview. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://aws.amazon.com/caching/ (дата звернення 13.10.2025).

2. Microsoft Learn. Caching in ASP.NET Core. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/performance/caching/memory (дата звернення 13.10.2025).
3. Design Gurus. Caching System Design Interview. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.designgurus.io/blog/caching-system-design-interview (дата звернення 15.10.2025).
4. Redisson. Write-through and Write-behind caching. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://redisson.pro/glossary/write-through-and-write-behind-caching.html (дата звернення 16.10.2025).
5. Enjoy Algorithms. Write-behind caching pattern. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.enjoyalgorithms.com/blog/write-behind-caching-pattern (дата звернення 16.10.2025).
6. Jovanovic M. Caching in ASP.NET Core: Improving Application Performance. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.milanjovanovic.tech/blog/caching-in-aspnetcore-improving-application-performance (дата звернення 13.10.2025).

УДК 336.71:004.738.5(477)

Козачок С. О.,
студентка 4 курсу
спеціальності «Фінанси, банківська справа,
страхування та фондовий ринок»
ОПП «Фінанси, митна та податкова справа»

Шушкова Ю.В.,
д.е.н., професор кафедри
фінансового менеджменту

РОЛЬ МОБІЛЬНОГО БАНКІНГУ У РОЗВИТКУ ФІНАНСОВИХ ПОСЛУГ В УКРАЇНІ

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

Постановка проблеми

У сучасних умовах цифровізації фінансовий сектор України зазнає суттєвих трансформацій під впливом розвитку фінансових технологій та зміни поведінки споживачів. Одним із ключових напрямів цих змін є мобільний банкінг, який виступає важливим чинником підвищення ефективності банківських послуг, розширення фінансової інклюзії та формування нової моделі взаємодії клієнтів із фінансовими установами. Водночас його стрімке поширення супроводжується низкою викликів, зокрема зростанням кіберзагроз, цифровою нерівністю та необхідністю вдосконалення нормативного регулювання, що визначає актуальність дослідження ролі мобільного банкінгу у розвитку фінансових послуг в Україні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблематику розвитку мобільного банкінгу та цифровізації фінансових послуг досліджували українські науковці, зокрема О. Дзюблюк, Р. Мірошник, В. Міщенко, Т. Васильєва та ін., які аналізували вплив фінтех-інновацій на банківську діяльність та фінансову стабільність. Водночас питання комплексної оцінки ролі мобільного банкінгу у розвитку фінансових послуг в Україні залишається недостатньо вивченим і потребує подальшого системного аналізу в контексті цифрової трансформації економіки.

Постановка задачі

Завдання даної роботи полягає в проведенні комплексного аналізу ролі мобільного банкінгу у розвитку фінансових послуг в Україні з використанням SWOT-аналізу для виявлення його сильних та слабких сторін, оцінки зовнішніх можливостей і загроз.

Виклад основного матеріалу

Активний розвиток мобільного банкінгу в Україні розпочався у 2010-х роках, проте справжній прорив відбувся після запуску Monobank у 2017 році. Його успіх стимулював інші банки

до активних інвестицій у цифрові сервіси. Сьогодні майже всі провідні банки України – PrivatBank, Raiffeisen Bank, Sense SuperApp, Kredobank – мають власні мобільні додатки, що надають повний спектр послуг: від відкриття депозитів і переказів коштів до купівлі валюти та оформлення кредитів [1], понад 82% клієнтів українських банків користуються мобільними застосунками для здійснення фінансових операцій, а частка безготівкових платежів у загальному обсязі зросла до 65,4% [2].

Як видно з **рис. 1**, кількість користувачів мобільного банкінгу в Україні зросла з **8,5 млн. у 2020 році до 20,3 млн. у 2024 році**, тобто майже у 2,5 раза. Це зростання пояснюється не лише поширенням смартфонів, а й підвищенням довіри населення до безготівкових операцій, а також активною цифровою політикою держави [3]. Таким чином, мобільний банкінг став основним каналом взаємодії клієнтів із фінансовими установами, забезпечуючи швидкість, зручність і безпечність операцій.

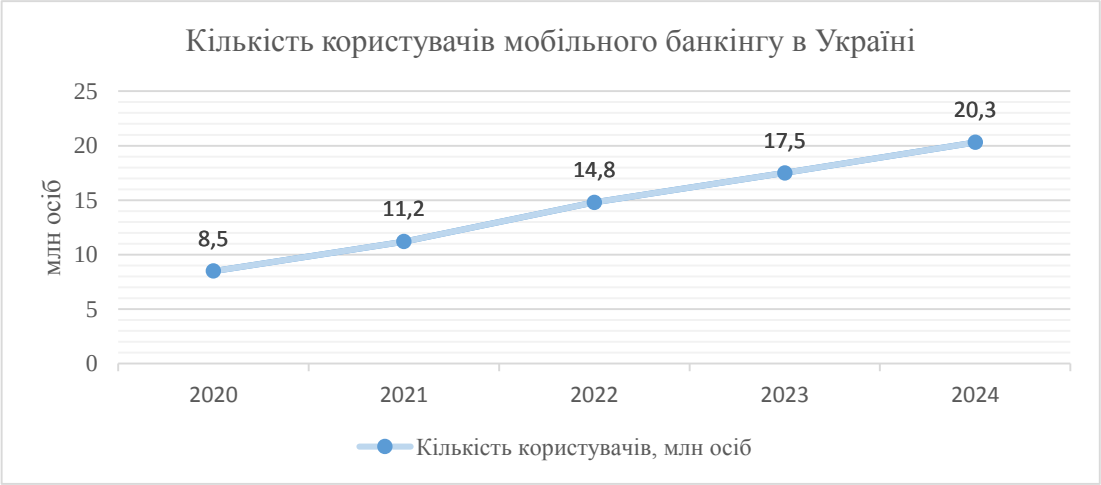


Рис. 1. Кількість користувачів мобільного банкінгу в Україні у 2020-2024 рр.

Розвиток мобільного банкінгу здійснює комплексний вплив на фінансову систему України, підвищуючи ефективність діяльності банків за рахунок автоматизації операцій і значного зменшення витрат на обслуговування клієнтів, адже мобільний канал у 4–6 разів дешевший за традиційні відділення [4]. Він сприяє фінансовій інклюзії, забезпечуючи доступ до банківських послуг навіть у віддалених регіонах, а також підвищує клієнтський досвід завдяки цілодобовому доступу, швидким платежам та зручним інтерфейсам. Крім того, мобільний банкінг стимулює конкуренцію на ринку, змушуючи банки впроваджувати сучасні цифрові рішення, інакше вони ризикують втратити клієнтів і позиції на ринку [1].

Щоб узагальнити сильні та слабкі сторони мобільного банкінгу, а також визначити зовнішні можливості й загрози, доцільно провести SWOT-аналіз (табл. 1).

Таблиця 1

SWOT-аналіз мобільного банкінгу України

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Висока зручність, швидкість і доступність фінансових операцій у будь-який час і місці. - Зниження витрат банків на утримання відділень та персоналу. -Інтеграція з державними цифровими платформами («Дія», податкові сервіси, соцвиплати). -Розширення фінансової інклюзії та підвищення довіри до банківської системи. -Використання аналітики даних для персоналізації пропозицій і маркетингових стратегій.	- Значна залежність від стабільного інтернет-з'єднання та наявності сучасних пристроїв. - Недостатній рівень цифрової грамотності окремих груп населення, зокрема старших людей. - Обмежений персональний контакт клієнта з працівниками банку. - Ймовірність технічних збоїв, що тимчасово ускладнюють роботу сервісу - Необхідність постійних інвестицій у кіберзахист та оновлення систем.

Можливості	Загрози
- Розвиток екосистеми цифрових фінансових послуг (страхування, інвестиції, кредити онлайн) - Використання технологій штучного інтелекту та біометрії для підвищення безпеки і зручності. - Розширення охоплення серед сільського населення та старших вікових груп. - Партнерство банків з державними та міжнародними структурами для розширення сервісів. - Можливість експорту українських фінтех-рішень на міжнародні ринки.	- Зростання кіберзлочинності, шахрайства та ризик витоку персональних даних. - Посилення конкуренції між банками та фінтех-компаніями, що може знизити прибутковість. - Цифрова нерівність і недостатній рівень доступу до якісного інтернету. - Регуляторні обмеження та вимоги щодо захисту даних (GDPR, НБУ). - Зростання технічних ризиків, пов'язаних із DDOS-атаками та збоєм серверів.

SWOT-аналіз показує, що мобільний банкінг в Україні має значний потенціал розвитку, однак ключовим викликом залишається питання безпеки користувачів та фінансових операцій. Серед головних ризиків – зростання кіберзлочинності: частка кібершахрайства у структурі фінансових злочинів збільшилася з 32% у 2020 році до 53% у 2024 році, що свідчить про посилення цифрових загроз [1; 3]. Такі тенденції пояснюються зростанням обсягів онлайн-платежів і недостатньою ефективністю механізмів захисту персональних даних.

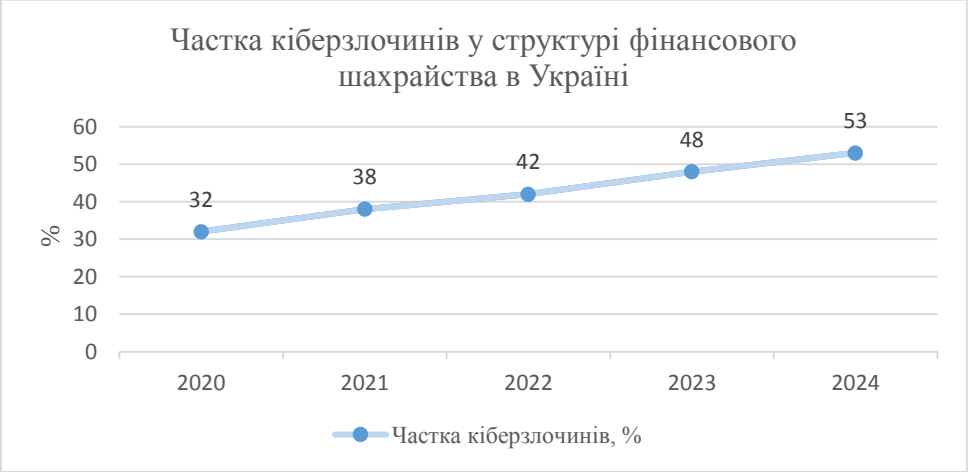


Рис. 2. Частка кіберзлочинів у структурі фінансового шахрайства в Україні у 2020-2024 рр.

Ще одним важливим викликом є цифрова нерівність. За даними Міністерства цифрової трансформації, лише 56% українців мають достатній рівень цифрової грамотності для впевненого користування фінансовими онлайн-сервісами, що залишає значну частину населення поза межами нових фінансових можливостей. У зв'язку з цим банки повинні посилювати заходи кіберзахисту, а держава – впроваджувати програми підвищення фінансової обізнаності та цифрової освіти громадян.

Висновки

Мобільний банкінг є ключовим елементом цифрової трансформації фінансової системи України. Він сприяє підвищенню доступності, ефективності та прозорості банківських послуг, формує нову культуру фінансової поведінки населення. Проте водночас розвиток цієї сфери потребує постійного вдосконалення систем безпеки, інвестицій у технології та підтримки з боку держави у сфері цифрової грамотності.

Перелік джерел посилання

1. Мінфін. Новини фінансового сектору та огляди банківських послуг. URL: https://minfin.com.ua/

2. Національний банк України. Офіційна статистика та аналітика. URL: https://bank.gov.ua/

3. Міністерство цифрової трансформації України. Звіт «Цифрова економіка України – 2024». URL: https://thedigital.gov.ua/news/regions/rezultati-tsifrovoi-transformatsii-v-regionakh-ukraini-za-2024-rik

4. Череп О. Г., Дашко І. М., Бехтер Л. А., Підліснии Р. О. Переваги та виклики цифровізації економіки України. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Том 9. № 1. С. 131–135. URL: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-21

УДК 004.9

Корінь В. Е.,
студент 4 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Кублій Л. І.,
к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

ВЕБ-ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ОБМІНУ КНИГАМИ

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

Постановка проблеми

Значна кількість паперових книг після прочитання залишається невикористаною, займаючи місце в домашніх бібліотеках або на полицях. Водночас багато людей прагнуть отримати доступ до нових видань без необхідності витрачати значні кошти на їхнє придбання. Наявні онлайн-платформи здебільшого орієнтовані на продаж або оренду книг, а не на безпосередній обмін між користувачами.

Виникає потреба у створенні зручного інструменту, який би забезпечував ефективну взаємодію між читачами, надаючи їм можливість легко знаходити, обмінювати і відстежувати книги в межах локальної спільноти. Такий підхід сприятиме популяризації читання, раціональному використанню ресурсів і розвиткові культури взаємодопомоги серед користувачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Однією з найвідоміших платформ для обміну книгами є BookCrossing [1], яка поєднує онлайн-реєстрацію книг із реальним обміном між користувачами в різних країнах. Проєкт сприяв формуванню активних спільнот читачів і популяризації культури безоплатного обміну літературою. Водночас користувачі відзначають низку недоліків цієї платформи: відсутність ефективного геолокаційного пошуку, обмежену соціальну взаємодію між користувачами, низький рівень довіри між учасниками, а також недостатню автоматизацію процесу підбору книг за інтересами.

Сервіс Little Free Library [2] базується на створенні фізичних міні-бібліотек у публічних місцях, де люди можуть безкоштовно брати або залишати книги. Попри свій соціальний і культурний ефект, цей підхід обмежений локальністю, не має цифрової інфраструктури, не надає можливості користувачам відстежувати доступність видань чи історію обміну в реальному часі.

Також варто відзначити платформу PaperBackSwap [3], яка використовує систему «кредити за обмін», надаючи можливість пересилати поштою книги між учасниками. Хоч платформа й стимулює активність користувачів, проте вона передбачає додаткові витрати на доставку і не підтримує зручних механізмів пошуку партнерів у межах певного міста чи регіону.

Таким чином, існує потреба у вдосконаленні цифрових сервісів обміну книгами, які б забезпечували зручний інтерфейс, персоналізовані рекомендації, систему довіри між користувачами і локальний характер взаємодії.

Постановка задачі

На основі виявлених недоліків наявних платформ, було визначено необхідність створення сучасного веб-застосунку для зручного й безпечного обміну книгами між користувачами.

Основна задача полягає в розробці інтерактивної системи, яка забезпечить:

— реєстрацію користувачів і авторизацію через безпечні механізми;

— додавання, пошук і фільтрацію книг за категоріями, автором або станом;

— можливість обміну книгами між користувачами на основі геолокації;

— систему рейтингів і відгуків для формування довіри між учасниками;

— інтуїтивний інтерфейс, адаптований для різних пристроїв.

Таким чином, завданням дослідження є розробка ефективного веб-застосунку, який забезпечує прозорі механізми взаємодії та підвищує рівень довіри й активності серед учасників книжкових спільнот.

Виклад основного матеріалу

Розроблений застосунок призначений для організації процесу обміну книгами між користувачами. Його основна мета полягає у формуванні зручного й безпечного середовища, де кожен користувач може знайти потрібну книгу, поділитися власними виданнями, взаємодіяти з іншими читачами. Ідея поєднує соціальну взаємодію і цифрові технології, створюючи сучасну альтернативу традиційним формам книгообміну.

Архітектуру системи реалізовано за клієнт-серверним принципом. Клієнтська частина побудована з використанням бібліотеки з відкритим кодом для створення користувацьких інтерфейсів React.js [4] і мови програмування TypeScript [5], які забезпечують динамічність інтерфейсу, високу швидкодію та адаптивність до різних пристроїв. Серверна частина реалізована у кросплатформному середовищі Node.js [6] із застосуванням фреймворку Fastify [7] для створення швидких і високопродуктивних серверних застосунків, який відповідає за обробку запитів, авторизацію користувачів і бізнес-логіку обміну книгами. Для збереження даних використовується об’єктно-реляційна база даних PostgreSQL [8], яка забезпечує цілісність, узгодженість і надійність при роботі з великими обсягами інформації.

Окрему роль у функціонуванні системи відіграє платформа хмарних обчислень AWS (Amazon Web Services) [9], яка використовується для зберігання фотографій книг і зображень профілів користувачів. Завдяки цьому забезпечується стабільний доступ до мультимедійного контенту, висока швидкість завантаження й безпечне резервне копіювання даних. Такий підхід дає можливість розділити логіку зберігання файлів і структурованих даних, підвищуючи загальну ефективність застосунку.

Веб-застосунок реалізує функціональні можливості для користувачів, забезпечуючи роботу з профілем, додавання і редагування описів, пошук та обмін книг. Так, після реєстрації користувач отримує доступ до власного профілю, до сторінки додавання книг, де може додавати книги зі своєї колекції, редагувати їхні описи, зазначати стан і завантажувати фотографії. Інші користувачі можуть переглядати доступні книги, здійснювати пошук за автором, назвою чи жанром, надсилати запити на обмін. Система автоматично повідомляє власника книги про запит, після чого користувачі можуть домовитися про обмін.

Після завершення обміну користувачі мають можливість залишати відгуки й оцінки, які формують рейтинг довіри. На основі цих даних застосунок може формувати рекомендації, показуючи найбільш надійних учасників спільноти. Така модель забезпечує прозорий і безпечний процес взаємодії.

Ключовими складовими застосунку є:

— модуль користувача, який відповідає за профілі, авторизацію і рейтинг;

— модуль книг, який керує каталогом доступних видань;

— модуль обміну, який реалізує логіку запитів, підтверджень і фіксації історії взаємодій.

Взаємодія між цими модулями забезпечує повноцінний цикл роботи системи — від публікації даних про книгу до її передачі іншому користувачеві.

Реалізований веб-застосунок є не просто технічним інструментом, який дає можливість легко знаходити потрібну книгу, домовлятися про обмін і відстежувати історію прочитаних творів, а й платформою, яка сприяє культурному розвиткові, формує екологічну свідомість і соціальну єдність.

Висновки

Реалізовано веб-застосунок, який розв’язує актуальну проблему організації безпечного й зручного обміну книгами між користувачами. Проведений аналіз показав, що наявні сервіси,

зокрема BookCrossing, Little Free Library і PaperBackSwap, мають низку обмежень, серед яких недостатня локалізація, обмежена цифрова інтеграція, низький рівень довіри між учасниками.

Створена платформа сприяє популяризації читання, формуванню спільнот за інтересами і розвиткові культури обміну знаннями. Застосунок може бути основою для подальшого вдосконалення — впровадження алгоритмів рекомендацій, розширення функцій взаємодії користувачів, інтеграції з іншими сервісами.

Перелік джерел посилання

1. BookCrossing : веб-сайт. URL: https://www.bookcrossing.com (дата звернення: 05.11.2025).
2. Little Free Library : веб-сайт. URL: https://littlefreelibrary.org (дата звернення: 05.11.2025).
3. PaperBackSwap : веб-сайт. URL: https://www.paperbackswap.com (дата звернення: 05.11.2025).
4. React. The library for web and native user interfaces : веб-сайт. URL: https://react.dev (дата звернення: 05.11.2025).
5. Typescript : веб-сайт. URL: https://www.typescriptlang.org (дата звернення: 05.11.2025).
6. Node.js : веб-сайт. URL: https://nodejs.org/uk (дата звернення: 05.11.2025).
7. Fastify : веб-сайт. URL: https://fastify.dev (дата звернення: 05.11.2025).
8. PostgreSQL : веб-сайт. URL: https://www.postgresql.org (дата звернення: 05.11.2025).
9. Amazon Web Services : веб-сайт. URL: https://aws.amazon.com (дата звернення: 05.11.2025).

УДК 004.4:004.8]:656.073.235-047.36

Куксенко Д. А.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Консолідована інформація»

Ноздріна Л. В.,
к.е.н доцент кафедри інформаційних систем у менеджменті

РОЗРОБКА TELEGRAM-БОТА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

Постановка проблеми

Моніторинг судноплавних контейнерних перевезень, які забезпечують понад 80% світового товарообігу, є ключовим елементом міжнародної логістики [1]. Проте, аналіз діяльності логістичних відділів, зокрема на прикладі ТОВ «Сміла-Райагропостач», виявляє критичну залежність від ручних методів моніторингу. Менеджери змушені щоденно відвідувати веб-сайти різних судноплавних ліній, вручну вводити номери контейнерів та інтерпретувати статуси. Такий підхід генерує низку операційних ризиків: 1. Людський фактор: Високий ризик помилок при введенні або копіюванні номерів та дат, що призводить до невірних управлінських рішень. 2. Дискретність оновлень: Менеджери перевіряють статуси нерегулярно (напр., раз на добу), тоді як критичні події (прибуття в порт, затримка) відбуваються в реальному часі [3]. 3. Відсутність уніфікації: Кожен перевізник має власний формат подання даних, що ускладнює їх систематизацію. Ці фактори призводять до прямих фінансових втрат через несвоєчасне митне оформлення (демередж), зриви графіків доставки та неефективне планування запасів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для вирішення цієї проблеми ринок пропонує три основні групи рішень. По-перше, SaaS-платформи (напр., MarineTraffic, SeaRates) пропонують зручну візуалізацію, але є "закритими екосистемами", орієнтованими на ручну взаємодію, та мають високу вартість підписки [2]. По-друге, вебскрапінг (аналіз HTML-коду сайтів) є нестабільним, оскільки будь-яка зміна верстки сайту перевізника "ламає" парсер, а також стикається з активною протидією (напр., CAPTCHA) [4].

По-третє, офіційні API (програмні інтерфейси) є найбільш надійним рішенням, оскільки надають гарантований доступ до структурованих (JSON) даних. API-агрегатори, як jsoncargo, вирішують проблему уніфікації, надаючи єдиний формат для десятків ліній . Детальний аналіз переваг та ризиків обраного API-агрегатора наведено у Таблиці 1. Водночас дослідження у сфері ШІ в логістиці зосереджені на предиктивній аналітиці, але часто відірвані від операційних інструментів [5]. Таким чином, виникає потреба у створенні гнучкого інструменту, що поєднує надійне джерело даних (API) з інтелектуальним аналізом (ШІ) та зручним інтерфейсом (чат-бот).

Постановка задачі

Метою роботи є розробка Telegram-бота з інтегрованими елементами штучного інтелекту для автоматизації моніторингу та прогнозування прибуття судноплавних контейнерних перевезень. Для досягнення мети було поставлено наступні задачі: 1. Обрати та обґрунтувати технологічний стек (Python, aiohttp, Pydantic, SQLite) [6]. 2. Спроєктувати архітектуру, що дозволяє не лише отримувати дані, але й накопичувати їх для навчання ШІ. 3. Реалізувати алгоритм симулятора ШІ у вигляді експертної системи, здатної прогнозувати час прибуття (ETA, Estimated Time of Arrival) на основі історичних даних та правил. 4. Реалізувати та протестувати програмний прототип бота.

Виклад основного матеріалу

Розроблена система базується на модульній асинхронній архітектурі на мові Python. Ядром системи є Telegram-бот (python-telegram-bot), який виступає оркестратором. Загальна архітектура розробленої системи, що демонструє взаємодію модулів (Telegram-інтерфейс, ядро бота, API-клієнт, модулі валідації та персистентності), представлена на рисунку 1.

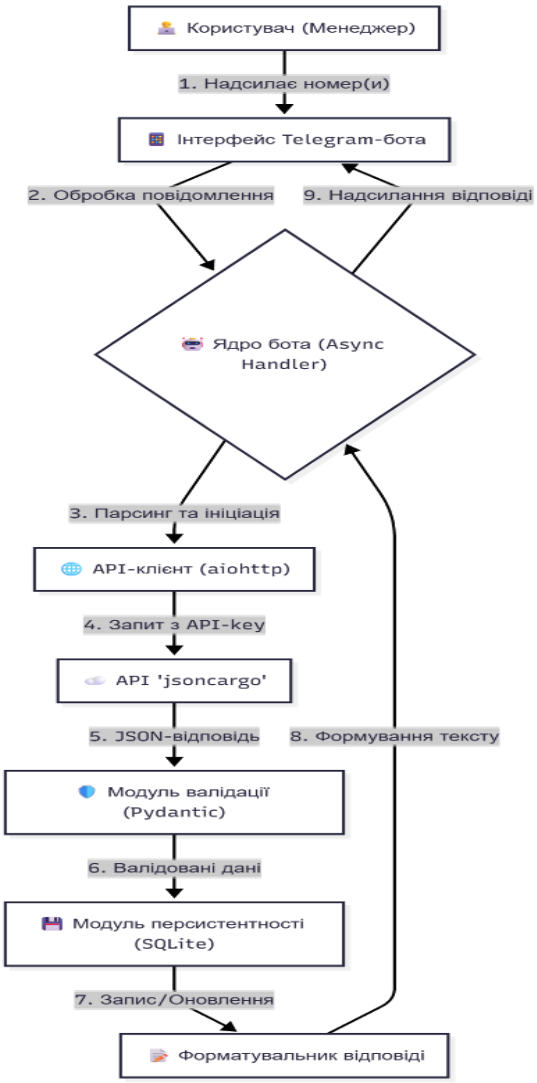


Рисунок 1. Архітектурна блок-схема Telegram-бота

Алгоритм роботи має наступний вигляд: 1. Користувач надсилає боту номер(и) контейнерів. 2. Бот асинхронно, за допомогою aiohttp, надсилає паралельні запити до API-клієнта (api_client.py), який взаємодіє з jsoncargo . 3. Отримана JSON-відповідь валідується через Pydantic-модель (models.py), що гарантує цілісність даних . 4. Стратегічний крок: Валідовані дані (порти, статуси, atd_origin – дата відправлення) негайно зберігаються у базу даних SQLite (db_utils.py), поповнюючи датасет для майбутньої ML-моделі . Структура ключової таблиці tracking_history, призначеної для збору даних, наведена у Таблиці 1.

Таблиця 1

Структура таблиці tracking_history

Назва поля	Тип даних	Призначення
id	INTEGER	Унікальний ідентифікатор запису (Primary Key)
container_number	TEXT	Номер контейнера (MSKU1234567)
shipping_line	TEXT	Судноплавна лінія (важлива фіча для моделі ШІ)
port_of_loading	TEXT	Порт завантаження
port_of_discharge	TEXT	Порт розвантаження
first_seen_eta	TIMESTAMP	Початкова ETA
last_known_eta	TIMESTAMP	Остання відома ETA перед фактичним прибуттям
actual_arrival_time	TIMESTAMP	Фактична дата прибуття (цільова змінна для моделі)
final_status	TEXT	Останній зафіксований статус контейнера
created_at	TIMESTAMP	Час створення запису
last_updated_at	TIMESTAMP	Час останнього оновлення

Дані передаються у симулятор ШІ (ai_predictor.py). Цей модуль працює як експертна система на основі правил, отриманих від логістів, наприклад: * Правило 1 (Європа): Якщо last_location = "Hamburg" та pod = "Klaipeda", прогноз ETA = last_updated + 2 дні. * Правило 2 (США): Якщо pol = "Newark" та pod = "Klaipeda", прогноз ETA = atd_origin + 30 днів. 6. Бот формує відповідь, що містить і офіційну ETA (від API), і "AI Прогноз" (від симулятора), надаючи менеджеру повну картину . Тестування на реальних даних (рис. 2) показало ефективність системи. Для контейнера TLLU8129937 бот коректно розрахував прогноз на основі дати відправлення (26.10.2025) + 30 днів = "2025-11-25", та порівняв його з офіційною ETA ("2025-12-03"), виявивши очікувану 8-денну затримку.

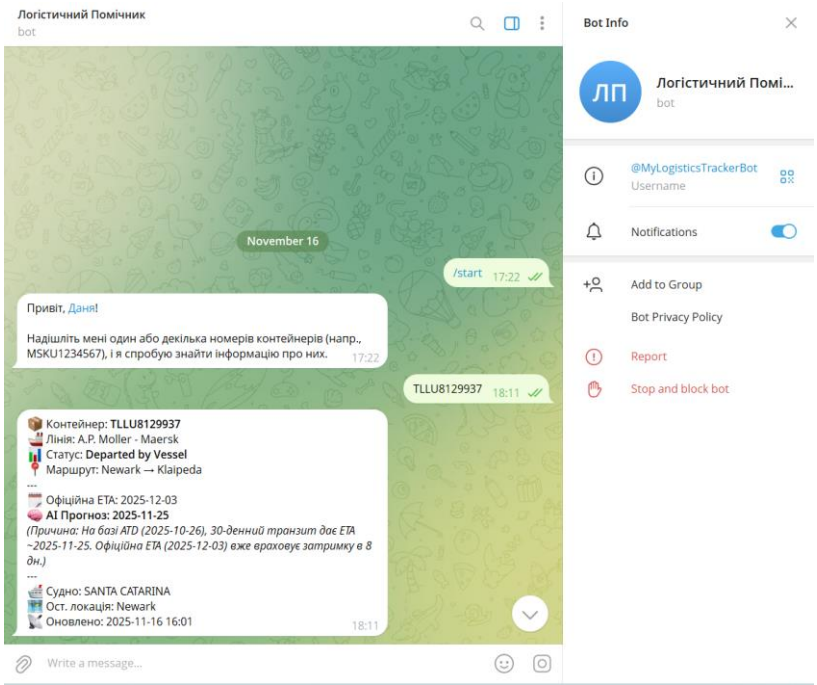


Рисунок 2. Приклад успішної відповіді Telegram-бота

Висновки

У ході роботи було спроєктовано та реалізовано інтелектуального Telegram-бота, що вирішує два завдання. Тактично, він автоматизує рутинну роботу логістів ТОВ «Сміла-Райагропостач», надаючи миттєві та очищені дані про статус контейнерів. Стратегічно, він виступає автоматизованим збирачем даних, формуючи унікальний датасет у SQLite. Впровадження симулятора ШІ на основі експертних правил вже на цьому етапі дозволяє надавати прогнози, що є більш реалістичними, ніж офіційні ETA. Подальшим розвитком роботи є перехід від симулятора до повноцінної ML-моделі (напр., Random Forest), яка буде навчатися на автоматично зібраному датасеті для самостійного виявлення прихованих закономірностей у затримках.

Перелік джерел посилання

1. Rodrigue, J.-P., Notteboom, T., Pallis, A. A. The Geography of Transport Systems. 5th ed. New York: Routledge, 2020.

2. McKinsey & Company. Digital Logistics: Transforming Supply Chains for the Future. 2022.

3. MIT Center for Transportation and Logistics. Real-Time Supply Chain Visibility: Challenges and Opportunities. 2021.

4. Wang, Y., Xu, H. AI-Driven Predictive Analytics for Maritime Container Logistics. Journal of Transportation Engineering, 2022.

5. Heilig, L., Voss, S. Digital Transformation in Maritime Logistics. Cham: Springer, 2017.

6. Newman, S. Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. Sebastopol: O'Reilly Media, 2021.

УДК 004.056.5:004.738.5

Лейбак Д. Д.,
студент 6 курсу спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»

Бабюк Н. П.,
доцент кафедри програмного забезпечення

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ УПРАВЛІННЯ IOT-ПРИСТРОЯМИ У КРОСПЛАТФОРМНИХ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКАХ НА ОСНОВІ FLUTTER

Вінницький національний технічний університет

Постановка проблеми та її наукова актуальність

Стрімка цифровізація суспільства супроводжується вибуховим зростанням кількості IoT-пристроїв, що інтегруються у сфери побуту, медицини, виробництва, логістики та міської інфраструктури. Кількість підключених пристроїв збільшується щороку, однак рівень їхньої захищеності від кібератак не завжди відповідає сучасним викликам. Саме тому питання створення надійних і безпечних методів керування IoT-системами стає одним з ключових у дослідженнях сучасної кібербезпеки [1].

Через те, що мобільний пристрій часто виступає центральною точкою доступу до IoT-інфраструктури, зловмисники спрямовують свої атаки передусім на мобільні застосунки. Компрометація застосунку може призвести не лише до витоку конфіденційних даних про користувача, а й до отримання зловмисником можливості дистанційно впливати на фізичне середовище — наприклад, змінювати параметри роботи сенсорів, блокувати системи безпеки або запускати небажані процеси. У цьому контексті потреба у створенні методів захисту, що враховують специфіку мобільних кросплатформних технологій, стає надзвичайно актуальною.

Аналіз останніх досліджень і сучасних підходів

Серед науковців ведеться активна дискусія щодо того, який саме рівень захищеності повинні забезпечувати IoT-рішення, і як правильно розподіляти механізми безпеки між клієнтом, сервером та пристроями. Дослідження показують, що більшість успішних атак пов’язана не з

недосконалістю криптографічних алгоритмів, а з неправильною реалізацією логіки застосунків, вразливими протоколами передачі даних або відсутністю механізмів верифікації команд [2]. Особливо відзначаються проблеми, пов'язані з відсутністю або некоректним використанням TLS/DTLS, неправильним зберіганням токенів доступу, а також відсутністю повторного підтвердження автентичності у довготривалих сесіях [3].

Значний інтерес викликає поширення кросплатформних рішень, які дозволяють розробляти мобільні інтерфейси для керування IoT-пристроями значно швидше, ніж нативні застосунки. Однак саме такі фреймворки часто залишаються менш дослідженими у плані кіберзахисту, що створює додаткові виклики. Flutter, який стрімко набирає популярність у сфері розробки мобільних клієнтів для IoT-систем, поєднує високу продуктивність із широкими можливостями архітектурної організації коду. Проте впровадження у нього захищених методів обробки даних і управління сесіями потребує окремого дослідження, особливо з огляду на те, що типові атаки включають перехоплення даних, MITM-атаки, підміну команд, імітацію клієнта, ін'єкції, та аналіз пам'яті застосунку.

Виділення невирішених аспектів проблеми

Попри велику кількість робіт, присвячених захисту IoT-пристроїв, недостатньо дослідженими залишаються методи захисту саме мобільних IoT-клієнтів, що працюють на кросплатформних фреймворках. Проблеми стосуються як безпеки локального сховища, так і забезпечення цілісності команд, що надсилаються до пристроїв. Більшість існуючих підходів не враховують особливості динамічних архітектур мобільних застосунків, які можуть використовувати реактивні механізми управління станами, такі як BLoC або Provider, та потребують додаткових методів ізоляції чутливих даних.

Окремим нерозв'язаним питанням залишається структура взаємодії Flutter-клієнта з edge-модулем, наприклад Raspberry Pi, який виступає проміжною ланкою між мобільним застосунком і кінцевим IoT-пристроєм. У багатьох випадках edge-рівень не забезпечує достатнього захисту, а мобільний застосунок не має інструментів для незалежної перевірки автентичності даних, що збільшує ризики несанкціонованого доступу [4]. Саме тому виникає потреба у розробці методу, який враховує всі ці фактори та формує єдину модель захисту на всіх рівнях системи.

Мета та принципи дослідження

Метою дослідження є створення методу забезпечення безпечної взаємодії між мобільним застосунком, розробленим на Flutter, та IoT-пристроями з урахуванням сучасних загроз, особливостей мережевої взаємодії та можливостей криптографічного захисту [5]. Основна увага приділяється побудові багаторівневої моделі безпеки, яка охоплює шифрування даних, захист токенів, перевірку цілісності команд, автентифікацію, а також протидію атакам повторення та підміни пакетів.

Дослідження також передбачає формування архітектури застосунку, яка дозволяє органічно інтегрувати механізми захисту у його внутрішню логіку. Особлива увага приділяється забезпеченню стійкості підсистеми керування станом, оскільки саме вона відповідає за обробку чутливих даних, пов'язаних із командами управління IoT-пристроями.

Виклад основного матеріалу та результати дослідження

У ході дослідження було створено архітектурний метод, що поєднує мобільний застосунок на Flutter, проміжний сервер або edge-модуль, а також IoT-пристрій як кінцевий виконавець команд. Застосунок використовує захищені алгоритми обміну ключами та застосовує TLS-шифрування при передачі даних, що дозволяє запобігти перехопленню трафіку [6]. Доступ до системи здійснюється через токени авторизації, підписані сервером, що виключає можливість підробки клієнта.

Особлива увага приділяється перевірці цілісності команд: кожна команда підписується на стороні мобільного клієнта цифровим підписом, а сервер перевіряє справжність і актуальність запиту. Для зменшення впливу атак повторення застосовується механізм одноразових nonce-значень, які забороняють повторне використання одного й того самого пакета [7].

У процесі тестування система демонструвала стабільну роботу у різних мережевих умовах, включаючи слабкі або нестабільні з'єднання. Спроби проведення MITM-атаки не призводили до

виконання злоумисних команд, оскільки кожен пакет проходив багаторівневу перевірку, що включала криптографічну автентифікацію, перевірку часу операції та перевірку джерела. Edge-модуль Raspberry Pi, що виступав проміжною ланкою, також отримав додаткові механізми захисту, включаючи верифікацію підписаних команд та контроль журналів подій.

Висновки та перспективи розвитку

Результати проведеного дослідження демонструють, що інтеграція криптографічного захисту, авторизаційних механізмів та архітектурних принципів безпечної взаємодії дозволяє суттєво підвищити надійність мобільних систем керування IoT-пристроями. Методи, запропоновані у роботі, забезпечують стійкість до більшості типових атак, включаючи перехоплення даних, підміну команд і спроби неавторизованого доступу.

Подальший розвиток дослідження може полягати у впровадженні Zero-Trust-моделі, що дозволить мінімізувати довіру між компонентами системи, у застосуванні апаратних модулів безпеки для зберігання ключів, а також у використанні машинного навчання для автоматичного виявлення аномалій у поведінці мережевого трафіку.

Перелік джерел посилання

1. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey. Computer Networks, 2010, 54(15), pp. 2787–2805.
2. Sicari S., Rizzardi A., Grieco L., Coen-Porisini A. Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead. Computer Networks, 2015, 76, pp. 146–164.
3. Garcia-Morchon O., Kumar S. Security Considerations in the IP-based Internet of Things. IETF Internet-Draft, 2019.
4. Porambage P., Okwuibe J., Liyanage M., Ylianttila M., Taleb T. Survey on multi-access edge computing for IoT: Security and privacy aspects. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, 20(4), pp. 2961–2991.
5. Google LLC. Flutter Security Best Practices. Flutter.dev Documentation. URL: https://docs.flutter.dev/security
6. (дата звернення: 20.11.2025).
7. Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi Security Documentation. Raspberrypi.com. URL: https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/security
8. (дата звернення: 20.11.2025).
9. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 7th ed. Pearson, 2017.

УДК 004.8+681.6

Малець І.,
магістрант спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології і робототехніка»,

Нерода Т.,
науковий керівник, к.т.н., проф. кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах

ОПРАЦЮВАННЯ ЗМІННИХ ДАНИХ ПРИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Інститут поліграфії та медійних технологій
Національного університету «Львівська політехніка»

Постановка проблеми та актуальність. Сучасні видавничі та поліграфічні підприємства активно впроваджують технології друку зі змінними даними, що дає змогу формувати персоналізовані листи, каталоги та іншу рекламно-інформаційну продукцію для великих масивів одержувачів. Для компаній, які працюють на декількох ринках одночасно, персоналізація невід'ємно пов'язана з мультимовністю: кожен макет повинен мати узгоджені мовні версії, збережену структуру змінних полів та однакову логіку обігу персональних даних. Наявні інструменти локалізації часто орієнтовані на суцільний текст і не враховують специфіку VDP-форматів, унаслідок чого виникають помилки при підстановці імен, знижок, індивідуальних параметрів і порушується єдність дизайну в різних мовних версіях [1].

Проблема ускладнюється тим, що ланцюжок підготовки персоналізованої поліграфічної продукції охоплює декілька інформаційних систем: CRM або іншу базу клієнтів, систему керування контентом, програмні засоби формування VDP-макетів та, у разі мультимовності, сервіс машинного перекладу. За відсутності єдиної моделі опрацювання змінних даних у процесі локалізації зростають трудові витрати на ручну перевірку макетів, підвищується ризик невідповідності між мовними версіями, а також утруднюється повторне використання вже підготовлених шаблонів. Актуальним є завдання формалізувати підхід до структурування змінних полів, описати типові сценарії персоналізації та мультимовності для поліграфічної продукції й запропонувати інформаційну технологію, яка забезпечує узгоджене опрацювання змінних даних у всіх мовних версіях персоналізованих видань.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є розроблення підходу до опрацювання змінних даних під час локалізації персоналізованої поліграфічної продукції, який забезпечує збереження структури персоналізації, узгодженість мовних версій та можливість інтеграції з сервісами машинного перекладу й VDP-робочими процесами. Досягнення поставленої мети передбачає систематизацію видів персоналізованих поліграфічних продуктів і типів змінних полів, аналіз існуючих форматів представлення змінних даних та моделей багатомовної підтримки у видавничо-поліграфічних системах, формування єдиної моделі опису шаблонів із змінними полями для різних мовних версій, розроблення алгоритмів ув'язування змінних даних із сегментами тексту під час машинного перекладу, а також узагальнення отриманих результатів у вигляді рекомендацій щодо побудови інформаційної технології локалізації персоналізованої поліграфічної продукції.

Виклад суті дослідження. VDP-технологія застосовується до різних типів поліграфічної продукції, для яких вимоги до персоналізації та мультимовності істотно відрізняються. У контексті оперативної поліграфії та суміжних видавничих процесів доцільно розглядати такі основні групи продукції, як маркетингові матеріали, транзакційні й сервісні документи, паковання та етикетки, а також освітні й видавничі матеріали, оскільки саме для них формуються різні сценарії використання сервісу машинного перекладу (таб. 1).

Таблиця 1

Адаптування технологій машинного перекладу для різних типів поліграфічної продукції

Тип продукції	Джерело даних	Параметри персоналізації та мультимовності	Роль сервісу машинного перекладу
Маркетингові матеріали	CRM із профілями клієнтів і сегментами	Мова, сегмент, історія взаємодій, персоналізовані звертання	Формування мовних варіантів текстових блоків під сегменти, збереження у ТМ
Транзакційні та сервісні документи	Облікові системи, інтегровані з CRM	Мова комунікації, тип операції, стандартні попередження	Генерування та актуалізація шаблонних фраз кількома мовами з контролем якості
Паковання та етикетки	Довідники продуктів і ринків збуту	Набір мов ринку, назва продукту, склад, попереджувальні написи	Первинний переклад нових мовних конфігурацій, подальше використання узгоджених текстів
Освітні та видавничі матеріали	Системи керування курсами, репозиторії	Мови публікації, назви модулів, анотації, відомості про викладачів і спікерів	Швидке формування багатомовних версій коротких текстів з постредагуванням

Для маркетингових матеріалів (листівки, буклети, адресні каталоги) мультимовність пов’язана переважно з локалізацією слоганів, привітань, описів пропозицій і дисклеймерів. Джерелом даних у цьому випадку є CRM-система з профілями клієнтів, де фіксуються мовні атрибути, сегмент і історія взаємодій. У VDP-шаблоні виділяються текстові вузли, значення яких залежать від цих атрибутів. Для них сервіс машинного перекладу повинен забезпечити узгоджені багатомовні варіанти, які зберігаються в пам’яті перекладів і можуть повторно використовуватися в інших кампаніях [2].

Транзакційні та сервісні документи (рахунки, виписки, повідомлення) містять значну частку стабільних текстів: описів операцій, юридично значимих попереджень, умов надання послуг. Мовна персоналізація у цьому випадку є обов’язковою вимогою, а не додатковою опцією. Для таких текстів важливо забезпечити сталість формулювань у всіх мовних версіях, тому сервіс машинного перекладу повинен працювати у зв’язці з пам’яттю перекладів і термінологічними базами, а автоматичні результати мають бути підконтрольні редактору. Паковання та етикетки для харчових продуктів, косметики, технічних товарів зазвичай містять тексти кількома мовами на одному носії. Тут мультимовність визначається нормативними вимогами ринку, а будь-які неточності можуть мати юридичні наслідки. Сервіс машинного перекладу доцільно використовувати на етапі первинного отримання варіантів, а затверджені тексти заносити до пам’яті перекладів. Це скорочує час підготовки нових мовних комбінацій, але водночас зберігає контроль якості.

Освітні та видавничі матеріали, такі як навчальні буклети, методичні вказівки, анонси курсів, програми заходів характеризуються частими оновленнями та потребою підтримувати кілька мовних версій паралельно. Для них характерні відносно короткі текстові блоки – анотації, описи модулів, біографічні довідки. Сервіс машинного перекладу в цьому випадку повинен забезпечити швидке отримання чернеткових перекладів із можливістю подальшого постредагування й накопичення узгоджених формулювань.

Висновки. Проведена систематизація показує, що вимоги до сервісу машинного перекладу залежать не лише від мовної пари, а й від типу продукції, джерела даних та характеру персоналізації. Це обґрунтовує необхідність архітектури, здатної працювати з різними сценаріями при спільному наборі мовних ресурсів, включно з пам’яттю перекладів та глосаріями та спільній моделі ідентифікації текстових вузлів.

Перелік джерел посилання

1. Малець І. Технології Variable Data Printing у контексті підготування багатомовної продукції видавничого дому "УкрПол". Інформаційні технології і автоматизація, № 18, 2025. С. 438-440.
2. Любимова С. А. Проблеми автоматизованого перекладу: конспект лекцій. Одеса: ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет ім. К. Д. Ушинського», 2024. 49 с.

УДК 004.75:519.85

Малюк І. О.,
студент 4 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Кублій Л. І.,
к.т.н., доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

ВЕБ-СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ В ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПОШУКУ

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

Постановка проблеми

Сучасні транспортні мережі мають велику розмірність, різні типи шляхів і швидко змінювані умови руху. Логістичним, диспетчерським і навігаційним системам потрібен оперативний пошук маршрутів з урахуванням часу, відстані, вартості та обмежень руху. Цю задачу можна розв'язати з використанням орієнтованих зважених графів. Класичні алгоритми пошуку найкоротших шляхів ефективні на відносно невеликих графах, але при зростанні кількості вузлів, ребер і паралельних запитів час їхньої роботи стає надто великим. Для веб-сервісів, де очікується майже миттєва відповідь, потрібні спеціалізовані рішення із застосуванням розпаралелювання обчислень на багатоядерних процесорах та/або графічних процесорах (GPU).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Задача пошуку найкоротшого шляху традиційно розв'язується алгоритмами Дейкстри, Беллмана-Форда, A*, двонаправленого пошуку тощо [1]. Для великих транспортних мереж застосовують попередню обробку графа, ієрархічні моделі та евристики, які скорочують час відповіді [2]. Окремо досліджуються паралельні реалізації алгоритмів пошуку шляхів для багатоядерних систем і GPU, де множина вершин або фронт пошуку розподіляються між потоками, а структури даних і доступ до пам'яті оптимізуються для одночасної обробки [3].

Значну увагу в сучасних роботах приділяють розбиттю графів, зокрема підходам Near-data source graph partitioning (NDGP), які враховують початкове розташування вершин під час розподілу, покращують локальність доступу до даних і масштабованість розподілених обчислень у задачах пошуку шляхів [4].

У прикладних системах маршрутизації інтегрують відкриті картографічні дані (OpenStreetMap), підтримують різні типи транспорту і надають REST/GraphQL API [5]. Проте більшість рішень є закритими або обмежують можливості експериментального порівняння паралельних алгоритмів.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка веб-системи визначення оптимального шляху в транспортних мережах, яка забезпечує:

— імпорт, редагування та аналіз транспортних графів;

— підтримку одного або комбінованих критеріїв оптимальності;

— виконання паралельного пошуку маршрутів з можливістю налаштування параметрів розпаралелювання;

— надання веб-інтерфейсу і прикладного програмного інтерфейсу (API) для інтеграції із зовнішніми системами;

— збір статистики продуктивності роботи системи та оцінку виграшу від паралелізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

— реалізувати модуль імпорту транспортних мереж із форматів CSV, GeoJSON і фрагментів OpenStreetMap з підтримкою типів вузлів і ребер (дороги, залізниця, громадський транспорт);

— забезпечити редагування мережі всередині системи: додавання й видалення вузлів і ребер, зміну ваг (довжина, час, вартість), задання обмежень (однобічний рух, пропускна здатність, заборонені ділянки);

— розробити механізм конфігурування критеріїв оптимальності і профілів оптимізації (наприклад, вантажні перевезення, громадський транспорт у пікові години);

— реалізувати паралельні варіанти алгоритмів Дейкстри, A*, двонаправленого пошуку і Multi-Source BFS з можливістю задавати кількість потоків і стратегію розподілу підзадач;

— забезпечити виконання кількох запитів пошуку маршрутів одночасно з балансуванням ресурсів;

— створити веб-інтерфейс і REST/GraphQL API для інтеграції з диспетчерськими та інформаційними системами;

— реалізувати засоби моніторингу продуктивності й моделювання сценаріїв зміни стану транспортної мережі.

Виклад основного матеріалу

Розроблена веб-система має модульну структуру і включає такі основні підсистеми: імпорту й керування даними транспортної мережі; конфігурування критеріїв оптимальності і профілів; обчислювальне ядро паралельного пошуку маршрутів; моніторингу та аналізу продуктивності; веб-інтерфейс і зовнішній API.

Модуль імпорту забезпечує завантаження графів у форматах CSV, GeoJSON і даних OpenStreetMap, їхню нормалізацію і побудову внутрішнього подання у вигляді списків суміжності з метаданими про типи вузлів і ребер. Передбачено перевірку консистентності графа (не містить ізольованих вузлів, зациклених фрагментів з нульовою вагою, некоректних напрямків однобічного руху, тобто є зв’язним і не має жодних суперечностей).

Редагування транспортної мережі здійснюється через веб-інтерфейс. Користувач може додавати чи видаляти вузли й ребра, змінювати ваги та обмеження пропускної здатності і доступності. Це дає змогу моделювати аварійні ситуації, перекриття ділянок або зміну трафіку.

Критерії оптимальності описуються у вигляді векторної ваги ребра (час у дорозі, відстань, вартість, кількість пересадок тощо). Профілі оптимізації задають вагові коефіцієнти компонент і дають можливість швидко перемикатися між одноцільовими й наближеними багатокритеріальними режимами.

Обчислювальне ядро базується на паралельних реалізаціях алгоритмів Дейкстри знаходження найкоротших шляхів до всіх вершин графа та евристичного алгоритму A* знаходження шляху до однієї вершини, а також двонаправленого пошуку (bidirectional search) і алгоритму Multi-Source BFS пошуку вшир найкоротших шляхів від кількох джерел для спеціальних сценаріїв. Паралелізація досягається розподілом множини вершин між потоками з локальними чергами пріоритетів і, за потреби, розбиттям графа на підграфи за географічною ознакою, з можливістю винесення виконання окремих операцій на GPU.

Для одночасного обслуговування множини запитів використовується пул потоків і планувальник задач, який розподіляє ресурси між паралельними пошуками з урахуванням пріоритетів (наприклад, онлайн-запити мають вищий пріоритет, ніж фонове моделювання).

Підсистема моніторингу збирає статистику часу обчислення маршрутів, кількості оброблених вершин і завантаження потоків/ядер. На основі цих даних оцінюється прискорення від паралельного виконання, середні й максимальні затримки відповіді і нерівномірність завантаження ресурсів.

Веб-інтерфейс дає можливість задавати початкову й кінцеву точки, обирати профіль оптимізації, переглядати альтернативні маршрути на інтерактивній мапі разом з їхньою довжиною,

часом і вартістю. Додатково можуть відображатися «теплові карти» завантаження мережі, а REST/GraphQL API забезпечує інтеграцію із зовнішніми диспетчерськими, аналітичними й мобільними системами.

При розробці веб-системи використано такі сучасні технології: серверну частину реалізовано мовою Python з використанням фреймворку FastAPI, обчислювальне алгоритмічне ядро — мовою Rust (модуль інтегровано в Python через бібліотеку PyO3), а клієнтську частину — мовою TypeScript з використанням бібліотеки React і картографічного фреймворку Leaflet.

Висновки

Розроблена концепція веб-системи визначення оптимального шляху в транспортних мережах поєднує імпорт і редагування графів, гнучке налаштування критеріїв оптимальності й використання паралельних алгоритмів пошуку маршрутів. Це дає можливість зменшити час відповіді системи під час роботи з великими мережами і численними запитами. Подальший розвиток системи передбачає інтеграцію динамічних даних про трафік у реальному часі, використання розподілених обчислень у кластерному середовищі, розширення набору критеріїв (зокрема екологічних показників) і автоматизоване налаштування профілів оптимізації на основі історії використання системи.

Перелік джерел посилання

1. Introduction to Algorithms / Cormen T. H., Leiserson C. E., Rivest R. L., Stein C. 3rd ed. Cambridge, Massachusetts, London : The MIT Press, 2009. 1313 p. URL: https://www.cs.mcgill.ca/~akroit/math/compsci/Cormen%20Introduction%20to%20Algorithms.pdf (дата звернення: 17.11.2025).

2. Engineering route planning algorithms / Delling D., Sanders P., Schultes D., Wagner D. *Algorithmics*. 5515. 2009. 23 p. URL: https://ai.dmi.unibas.ch/_files/teaching/fs13/ki/material/ki05-route-planning.pdf (дата звернення: 17.11.2025).

3. Recent Advances in Graph Partitioning / A. Buluç et al. *ArXiv* 2015. 37 p. URL: https://arxiv.org/pdf/1311.3144v3 (дата звернення: 17.11.2025).

4. Near-Data Source Graph Partitioning / F. Chang et al. *Electronics*. 2024. № 13 (4455). 13 p. URL: https://www.mdpi.com/2079-9292/13/22/4455 (дата звернення: 17.11.2025).

5. OpenStreetMap. URL: https://www.openstreetmap.org (дата звернення: 17.11.2025).

УДК 004.78+005.7

Мороз Р.,
магістрант спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології і робототехніка»,

Нерода Т.,
науковий керівник, к.т.н., проф. кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ EASYCHAIR ПРИ РОЗГОРТАННІ ЦИФРОВИХ СЕРВІСІВ ПУБЛІКАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ

Інститут поліграфії та медійних технологій
Національного університету «Львівська політехніка»

Постановка проблеми та актуальність. Спрощення, оптимізацію і часткове чи повне скасування рутинних та адміністративних завдань у сфері підготовки наукових, професійних або комерційних публікацій забезпечує комплекс технологічних рішень та процесів, спрямованих на автоматизацію видавничого менеджменту засобами вебплатформ [1].

Мета та завдання дослідження. *Метою* дослідження є теоретичне обґрунтування критеріїв та дослідження функціоналу поширеної вебплатформи на предмет забезпечення комплексної автоматизації процесів видавничого менеджменту, підвищення операційної ефективності, скорочення часу випуску видань і зниження витрат для видавництв різного масштабу [2]. Перебуваючи у стадії активної цифрової трансформації та зростання онлайн-ринку контенту, що зумовлює необхідність переходу від традиційних лінійних моделей управління до інтегрованих автоматизованих систем, здатних забезпечувати безперервний контроль повного видавничого циклу, автоматизація видавничого менеджменту засобами вебплатформ дає змогу оптимізувати планування видань, супровід авторів, редакційно-видавничу підготовку, дизайн, верстку, виробництво, дистрибуцію, маркетинг та розрахунок роялті, мінімізуючи ручну працю й людський чинник [3]. *Завдання* дослідження охоплюють аналіз сучасного стану автоматизації видавничих процесів, виявлення ключових проблем традиційного менеджменту, систематизацію функціональних вимог до вебплатформ, дослідження можливостей наявних рішень з урахуванням специфіки публікаційних комунікацій.

Виклад суті дослідження. Платформа EasyChair дозволяє централізовано контролювати етапи збору матеріалів, рецензування, формування програми, реєстрації учасників, публікації збірників та їх архівування через веб інтерфейс, що відповідає сучасним вимогам до цифрового видавничого супроводу наукових заходів. Зокрема, EasyChair забезпечує подання матеріалів, призначення рецензентів, обговорення робіт, реагування авторів на рецензії, створення програми заходу, зменшуючи адміністративне навантаження на організаторів [4].

Сервіс підтримує різні моделі конференцій: однокомітетна та багатодоріжкова з розміщенням матеріалів конференції після події (таблиця 1) і може служити компонентом системи видавничого супроводу, хоча орієнтована на конференційні робочі потоки, а не спеціалізована під журнальний супровід. Інформація про API, відкриті плагіни чи бібліотеки для сторонньої інтеграції не знайдена або мінімальна у відкритому доступі. Це означає, що при побудові інформаційної платформи видавничого супроводу треба зважати на можливу потребу в кастомізації або інтеграції сторонніх модулів через експортування даних, доступ до бази, створення API-зв'язків вручну.

Виконаний аналіз показав, що сильними сторонами платформи EasyChair є її значний досвід застосування, підтверджений організацією тисяч конференцій та наявністю великої бази користувачів, а також перевірені моделі подання матеріалів, рецензування та формування програми заходів. Платформа пропонує готові шаблони і забезпечує гнучкі налаштування ролей та доступу для різних категорій користувачів, а також підтримує багатотрековість і ефективне управління великою кількістю учасників конференцій.

Таблиця 1

Модулі публікаційної платформи EasyChair

Модуль	Опис
Smart CFP	система публікації «Call for Papers», шаблони для організаторів, аналітика переглядів
submission/review workflow	автори подають роботи, комітети рецензують, можливий rebuttal, управління конфліктами інтересів
multi-track	підтримка декількох траків/секцій, з окремими комітетами, інструментарій супервайзера

До обмежень EasyChair належить те, що система орієнтована насамперед на проведення конференцій і не охоплює повний видавничий цикл журналу. Публічно доступна інформація щодо API, можливостей розширення та інтеграції з репозитаріями, цифровими ідентифікаторами DOI і аналітикою цитування є обмеженою. Крім того, для забезпечення оптимального архівування

матеріалів, статистики та управління метаданими може виникати потреба у додаткових технічних рішеннях або інтеграції сторонніх сервісів.

Висновки. Таким чином, EasyChair потребує додаткових рішень для комплексного управління метаданими, статистикою та архівуванням і її не доцільно розглядати як компонент проєктованої платформи видавничого супроводу при розгортанні сервісів публікаційної підтримки наукових досліджень.

Перелік джерел посилання

1. Мороз Р. Обґрунтування доцільності розгортання автоматизованих видавничо-редакційних веб-платформ. *Друкарство молоде*, №25, 2025. С. 91-96.

2. Женченко М. І. Цифрові трансформації видавничої галузі : монографія. Київ : Жнець, 2018. 436 с.

3. Шпак, В. І. Автоматизація системи управління видавництвом. *Інтегровані комунікації*, №7, 2019. С. 47-53.

4. EasyChair | About us. [Електронний ресурс] – Режим доступу: easychair.org/overview

СЕКЦІЯ 3.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

УДК 62-523.8+519.876.2

Зозуля В. А.,
студент 6 курсу спеціальності «Системний аналіз та наука про дані» ОПП «Системний аналіз»

Книрік Н. Р.,
к.т.н., доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій

ПОБУДОВА МОДЕЛІ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ПРОСТОРОВОГО МЕХАНІЗМУ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНИХ МЕТОДІВ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Постановка проблеми

При створенні CAD-моделі існує два основні підходи: моделювання як однієї багатотільної деталі, що складається з екструдованих елементів, або як збірки з декількох файлів деталей. Кожен підхід має свої наслідки для простоти моделювання та симуляції. За методом однокомпонентна (багатокомпонентна модель) весь механізм будується в одному файлі деталі з використанням декількох твердих тіл. Це може бути швидшим для початкового налаштування геометрії та гарантує, що всі деталі залишаються вирівняними. Однак модель з однією деталлю розглядає механізм як одне жорстке тіло – вона не може відображати рухомі з'єднання між компонентами. Важливі інструменти складання, такі як динамічне моделювання руху, перевірка зазорів або виявлення зіткнень, недоступні на рівні деталей [1]. Деталі з декількома тілами, як правило, не призначені для заміни складання механізмів [2], оскільки ви не можете керувати окремими складовими. Підхід - збірка окремих деталей моделює кожну складову як окрему деталь, а потім створює їх екземпляри та з'єднує їх у CAD-збірці. Такий метод відображає фактичну фізичну конструкцію і дозволяє визначати обмеження з'єднань між деталями. Модель CAD-збірки підтримує дослідження руху та реалістичне кінематичне моделювання, а також дозволяє проводити перевірки на перешкоди та інші аналізи, які неможливі в моделі з однією деталлю [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Модельно-орієнтоване проектування (МОП) - це математичний і візуальний метод вирішення завдань, пов'язаних з проектуванням систем керування, заснований на використанні наочної імітаційної моделі майбутнього виробу, яка є основним носієм інформації про його концепції, особливості конструкції і реалізації. Така модель використовується протягом усіх стадій процесу проектування: дослідження, конструювання, реалізація, тощо. На кожному етапі модель оновлюється і еволюціонує. При цьому гарантується повне відслідковування складу її параметрів та іншої конструкторської інформації на всіх етапах проектування [3].

Принципи МОП істотно відрізняються від традиційної методології проектування. Замість створення складних програмних кодів розробники можуть застосовувати МОП для поліпшення характеристик моделі, використовуючи стандартні функціональні блоки з безперервним і дискретним часом. Побудовані таким чином моделі разом з використанням інструментів для моделювання можуть швидко привести до створення прототипу системи керування, тестування та верифікації програмного забезпечення. У деяких випадках апаратно-програмне моделювання може бути використано як інструмент проектування для більш швидкого і ефективного тестування динамічних впливів на систему, на відміну від традиційного методу проектування [4].

Постановка задачі

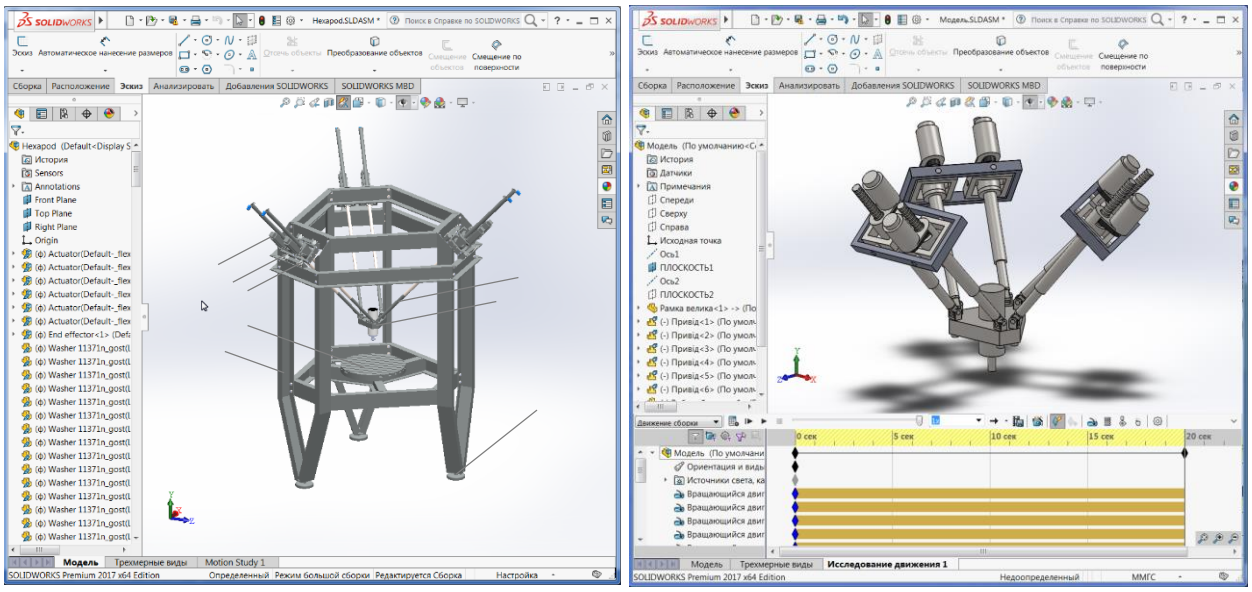
Аналіз досліджень та публікацій з питань застосування технології модельно-орієнтованого проектування, показує, що при наявності існуючого теоретичного обґрунтування цієї технології, переваг над традиційним підходом, особливо при проектування складних мехатронних об’єктів та застосування окремих прикладних засобів не дозволяють ефективно застосовувати таку технологію.

Тому, поєднання систем Solidworks, яка дозволяє твердотільне моделювання кінематики і динаміки на основі фундаментальних фізичних принципів механіки та Matlab, що має найкращі функціональні можливості при моделюванні динамічних систем, аналізі й синтезі, значно розширює можливості технології модельно-орієнтованого проектування складних динамічних об’єктів.

Таким чином, задача даної роботи отримати CAD-збірку моделі мехатронної системи просторового механізму з паралельною структурою в середовищі Solidworks для подальшого переносу моделі зі всіма властивостями до Matlab/SimMechanics згідно методу МОП. Це означає, що моделі SolidWorks можна моделювати в середовищі Simulink для аналізу сил і моментів в механічних з'єднаннях, побудови графіків прискорень і зсувів кожної частини системи, візуалізації руху збірки САПР, беручи до уваги маси окремих об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Використання інструментарію середовищі SolidWorks дозволило розробити CAD-збірку моделі просторового механізму з паралельною структурою (рис. 1) [5]. У тривимірній моделі реалізовані основні деталі та вузли з урахуванням матеріалів та технологій виробництва (рис. 1а).



а) б)

Рисунок 1. Повна модель а), спрощена б), тривимірна модель механізму паралельної структури в середовищі SolidWorks

Механізм складається з просторової основи 1 із закріпленим столом 2. В шарнірних опорах 3 основи встановлені 6 карданних підвісів 4 з приводами 5. Приводи слугують для зміни довжини ланок 6, з’єднаних за допомогою карданних шарнірів з робочою поверхнею 7. Для можливості вирівнювання по горизонталі механізм встановлений на регульованих віброопорах 8.

Особливістю вертикальної верхньої компоновки механізму з паралельною структурою є необхідність виготовлення досить великої просторової станини, яка повинна мати велику масу та жорсткість. Щоб не ускладнювати конструкцію, зменшити трудомісткість, час виготовлення та вартість, на першому етапі виготовлено достатню для виконання несучих функцій станину з можливістю подальшого збільшення її жорсткості та вібростійкості шляхом встановлення додаткових діагональних несучих елементів.

Виготовлена з сталевого профілю швелера станина складається з трьох зварених подвійних V подібних стійок 1 та трьох зварених кільцевих елементів 2, 3 та 4, що з’єднують між собою стійки. У середині нижнього кільця 2 за допомогою зварених зіркою балок встановлено стіл 5 з Т-подібними пазами. Розміщення двох верхніх кілець 3 та 4 по різні боки стійок дозволяє одночасно підвищити жорсткість конструкції та одержати базові поверхні для встановлення опор 6 карданних підвісів, осі яких нахилені під кутом 45º до горизонту .

Гвинти показані спрощено у вигляді круглих валів, але між гвинтами та гайками встановлене гвинтове спряження засобами SolidWorks. Інші спряження встановлені відповідно кінематичний структурі та конструкції механізму.

На основі проведених досліджень та оптимізації конструктивних параметрів розроблена спрощена тривимірна модель механізму паралельної структури з гвинтовими приводами ланок змінної довжини та карданними опорами (рис. 1б).

Верхня та нижня платформи, рухома та нерухома частини виконавчих механізмів є ланками у платформі. Ці зв'язки визначаються їх значеннями тензора маси та інерції з посиланнями на системи координат тіла у їхніх центрах тяжкості. Ці системи координат тіла мають бути прив'язані до інерційної системи координат. Центри тяжкості ланок також визначаються з посиланням на їх системи координат тіла. З'єднання, що з'єднують ланки, представлені визначенням їх осей руху (поступальний та/або обертальний). Вони можуть приводитися в дію динамічно як сила/крутний момент, а також кінематично (положення/швидкість/прискорення).

Так, при моделюванні складання конструкції (всі деталі проектувалися окремо - двигун, вал двигуна, профіль, черв'ячний вал, човник, підшипник, опора), важливим завданням було закріпити нерухомі деталі між собою. Тобто, до опори, по сполученню в площинах були заблоковані профілі, зверху на профілях були заблоковані двигуни. Двигун з валом двигуна був сполучений концентрично і вирівняний по внутрішній виїмці площини двигуна і внутрішній поверхні вала двигуна, установка сполучень таким чином, дозволяє обертатися валу двигуна за годинниковою або проти годинникової стрілки відносно свого центру і центру двигуна. Подібним чином, але з умовою блокування, був встановлений черв'ячний вал до валу двигуна, фіксуючи його в одному положенні на валу двигуна і обертаючи його разом з ним, також був встановлений підшипник і вирівняний по нижній площині профілю. Решта сполучень елементів в точності повторюють дану модель.

Висновки

В роботі було показано розробку CAD-збірки моделі мехатронної системи просторового механізму з паралельною структурою в середовищі Solidworks з метою подальшого переносу моделі зі всіма властивостями до Matlab/SimMechanics. Така модель дасть можливість моделювати динамічні властивості в середовищі Simulink з врахуванням всіх параметрів твердотільної моделі, що визначають її динаміку (маса, інерційні характеристики, координати центрів мас, параметри з'єднань тощо).

Перелік джерел посилання

1. SOLIDWORKS Multibody Part vs Assembly: For example, in part files… [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.javelin-tech.com/blog/2023/06/solidworks-multibody-part-vs-assembly/#:~:text=For%20example,SOLIDWORKS%20MultibodyAssembly (дата звернення: 07.11.2025).

2. SOLIDWORKS Multibody Part vs Assembly: A general rule to follow… [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.javelin-tech.com/blog/2023/06/solidworks-multibody-part-vs-assembly/#:~:text=A%20general,replace%20the%20use%20of%20assemblies (дата звернення: 07.11.2025).

3. Ryssel U., Ploennigs J., Kabitzsch K., Folie M. Generative design of hardware-in-the-loop models // APGES'07: Proc. of the Int. Conf. – Salzburg, Austria, 2007. – P. 4–11.

4. Топораш Г. К., Мазур А. В., Ковальчук Д. А., Пушкін А. А. Модельно-орієнтоване проєктування програмного забезпечення для вбудованих систем у середовищі Matlab/Simulink // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2014. – № 17. – С. 26–29.

5. Розробка фізичної моделі верстата на основі механізму паралельної структури з системою керування приводами переміщення робочого органа: звіт про НДР (заключний) / Кіровоградський національний технічний університет; № ДР 0109U00210, облік. № 0211U005056. – Кіровоград, 2011. – 176 с.

УДК 004.51

Ігнатюк Є. О.,
аспірант 3 курсу кафедри "Комп'ютерних наук та інформаційних технологій"

Попов А. В.,
кандидат технічних наук, доцент кафедри "Комп'ютерних наук та інформаційних технологій",

АНАЛІЗ ВЕРБАЛЬНИХ І ЕМОЦІЙНИХ РЕАКЦІЙ КОРИСТУВАЧІВ ПІД ЧАС UX-ТЕСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Постановка проблеми

У сучасних дослідженнях користувацького досвіду ключовим завданням залишається розуміння того, як люди сприймають і реагують на цифрові інтерфейси. Традиційні методи UX-досліджень, зокрема опитування або класичне тестування зручності (usability testing), часто спираються на суб'єктивну самооцінку користувачів, тоді як їхні реальні справжні емоційні реакції й когнітивні процеси залишаються прихованими [1]. Це обмежує точність аналітики й унеможливлює виявлення «невидимих» бар'єрів у взаємодії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У наукових дослідженнях останніх років спостерігається зростання інтересу до мультимодальних підходів, що враховують мовні, поведінкові та емоційні реакції користувачів під час взаємодії з цифровими інтерфейсами. Такий напрям розглядається як доповнення до традиційних UX-методик, які здебільшого спираються на самооцінку й не враховують приховані когнітивні процеси.

У роботах Berni та співавторів [2] аналізуються вербальні реакції користувачів і підкреслюється їхня роль у виявленні незручностей та невизначеності під час виконання завдань. Окрему увагу дослідники приділяють нетривіальним мовним сигналам — коротким вигукам або ваганням, які можуть свідчити про втрату орієнтації в інтерфейсі. Суттєвий прогрес у розпізнаванні мовлення забезпечили моделі трансформерного типу, зокрема Whisper та Wav2Vec2, що дозволяють обробляти спонтанну мову та пов'язувати її з діями користувача [3]. У суміжних роботах застосовуються моделі BERT для семантичної інтерпретації висловлювань і виявлення патернів невпевненості чи помилки. Паралельно розвивається напрям аналізу міміки. Дослідження Dou [4] демонструють ефективність глибинних моделей у розпізнаванні базових емоцій та пов'язаних із ними маркерів складності взаємодії. У роботах Batch і Elmqvist [5] акцент зроблено на візуалізації поведінкових реакцій на основі комп'ютерного зору. Важливий внесок у розуміння когнітивного навантаження зробили Fan та Zhao [6], які показали, що синхронізація емоційних і поведінкових сигналів дає змогу виявляти моменти перевантаження під час роботи з інтерфейсом.

Попри наявні результати, огляд Perrig [7] підкреслює, що інтеграція емоційного виміру в UX-тестування ще не стала стандартною практикою, а комплексні мультимодальні системи залишаються предметом активних досліджень. Це підтверджує актуальність подальшого розвитку підходів, здатних поєднувати мовні, емоційні та поведінкові дані в єдиній аналітичній моделі.

Постановка задачі

Метою є створення підходу до автоматизованого аналізу вербальних і емоційних реакцій користувачів під час UX-тестування цифрових інтерфейсів із використанням моделей штучного інтелекту для обробки аудіо- та відеоданих.

Виклад основного матеріалу

У межах роботи запропоновано методичний підхід до інтеграції аналізу емоційних та вербальних реакцій у процес UX-досліджень. Такий підхід може доповнювати вже наявні формати

тестувань, включно зі спостереженням за проходженням користувачем завдань у вебінтерфейсі, напівструктурованими інтерв'ю або комбінованими сесіями, де дослідник ставить запитання й одночасно фіксує хід взаємодії з інтерфейсом. У подібних сценаріях мова користувача, міміка та поведінкові маркери утворюють єдиний контекст, який можна опрацьовувати засобами машинного навчання.

Для аналізу вербальних реакцій передбачається використання сучасних моделей автоматичного розпізнавання мовлення, зокрема таких як Whisper, wav2vec2 або інших трансформерних архітектур, що забезпечують високу точність транскрипції природного мовлення. Після перетворення аудіосигналу на текст висловлювання сегментуються за часовими відмітками та синхронізуються з діями у цифровому інтерфейсі. Це дає змогу зіставляти конкретні вербальні реакції з певними кроками користувача.

Подальша інтерпретація мовлення може виконуватися моделями типу BERT, які дозволяють визначати семантичні ознаки — як явні вербальні індикатори труднощів («не розумію», «де це?», «що відбувається»), так і невербальні вигуки («мм», «ее», «хм», короткі паузи, здивовані звуки), що часто сигналізують про момент непевності або дезорієнтації. Такий аналіз допомагає фіксувати як усвідомлені коментарі, так і реакції, які користувач не завжди вербалізує прямо.

Для оцінювання емоційних станів можуть застосовуватися моделі, спеціально натреновані на розпізнавання міміки — наприклад, FER, FER+, ResMaskNet або їхні сучасні модифікації. Ці моделі класифікують базові емоційні категорії (радість, здивування, роздратування, нейтральний стан тощо) за окремими кадрами обличчя. Частота аналізу на рівні 10 кадрів на секунду є достатньою для виявлення характерних мікрореакцій, оскільки емоційні зміни зазвичай тривають значно довше, ніж окремий кадр відео.

Отримані результати емоційного та мовного аналізу трансформуються у набір синхронізованих часових подій. Це дозволяє визначати моменти, у яких змінюється емоційний фон, з'являються висловлювання невпевненості або різко збільшується кількість пауз. На практиці подібні зміни не є прямими індикаторами проблеми, проте можуть свідчити про підвищене когнітивне навантаження — показник, що змінюється динамічно й залежить від складності завдання, очікуваності результатів, вдалості розташування елементів інтерфейсу чи логіки навігації.

Для візуалізації взаємозв'язків між подіями пропонується представлення даних у вигляді комбінованої часової шкали, що включає вербальні висловлювання (разом із часовими мітками та ключовими словами), емоційні стани та їхню зміну у динаміці, події у цифровому інтерфейсі (натиски, переходи, затримки), можливість додавати фрагменти відеокадрів, у яких зафіксовано характерні вирази обличчя. Таке узгоджене подання дає змогу аналізувати дані у взаємозв'язку, а не окремо. Наприклад, негативна міміка може передувати надмірно довгій паузі, а невпевнені вигуки — появі повторних натисків або поверненню до попереднього екрана.

Створений підхід відкриває можливості для формування інтерпретаційних аналітичних звітів, у яких описуються ймовірні причини труднощів у взаємодії: неочевидність елементів, перевантаження візуального контенту, погана семантика підказок, збої у сценарії або неузгодженість між очікуваннями й фактичною поведінкою інтерфейсу. Така методика може стати частиною ширшої системи UX-оцінювання, у якій мультимодальний аналіз доповнює традиційні методи тестування, підвищуючи точність та об'єктивність отриманих висновків.

Висновки

Розроблений підхід дає змогу більш об'єктивно аналізувати емоційні та вербальні реакції користувачів у контексті їхніх дій. На відміну від традиційного спостереження, система виконує автоматичну обробку мультимодальних сигналів, поєднуючи мовні, поведінкові та візуальні дані. Це відкриває можливості для створення адаптивних UX-аналітичних інструментів, здатних самостійно виявляти проблемні точки взаємодії ще до ручного етапу інтерпретації.

Перелік джерел посилань

1. Nielsen J. Usability 101: Introduction to Usability. Nielsen Norman Group, 2012. URL: https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability (дата звернення: 27.04.2025).

2. Berni A., Borgianni Y., Basso D., Carbon C.-C. Fundamentals and issues of user experience in the process of designing consumer products. Design Science. 2023. Vol. 9. e10. DOI: https://doi.org/10.1017/dsj.2023.8

3. Radford A., Kim J. W., Xu T. et al. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 12449–12460. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04356

4. Dou Q., Zheng X.S., Sun T., Heng P.-A. Webthetics: Quantifying webpage aesthetics with deep learning. International Journal of Human-Computer Studies. 2018. Vol. 118. P. 1–12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.11.006

5. Batch A., Ji Y., Fan M., Zhao J., Elmqvist N. uxSense: Supporting User Experience Analysis with Visualization and Computer Vision. IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 10034833. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.10034833

6. Fan M., Yang X., Yu T. T., Liao Q. V., Zhao J. Human-AI Collaboration for UX Evaluation: Effects of Explanations and Synchronization. 2021. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.12387

7. Perrig S. A. C., Aeschbach L. F., Scharowski N., von Felten N., Opwis K., Brühlmann F. Measurement practices in user experience (UX) research: a systematic quantitative literature review. Frontiers in Computer Science. 2024. Vol. 6. DOI: https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1368860

УДК 005.74 + 004.9

Лобода Ю. Г.,
к.пед.н., доцент кафедри інформаційних технологій

Новосельський Д. О.,
студент 2 курсу другого магістерського рівня спеціальності 124 «Системний аналіз» ОПП «Аналіз та безпека даних»

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СИСТЕМНА МОДЕЛЬ МУЛЬТИБАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Національний університет «Одеська юридична академія», Україна

Постановка проблеми

Мультибазові та мультимодельні архітектури, що поєднують різні типи баз даних у межах однієї системи, стають основою сучасних Data Science-рішень. Вони дають змогу одночасно обробляти структуровані, напівструктуровані та графові дані, але при цьому ускладнюють оцінювання продуктивності, масштабованості та узгодженості. Ефективність таких систем визначається не лише характеристиками окремих СУБД, а й поведінкою конфігурації в цілому. Відсутність чітко сформульованих показників ефективності та узгодженої системної моделі мультибазового середовища значно ускладнює проєктування, порівняння та оптимізацію подібних рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасних роботах, присвячених мультимодельним СУБД, узагальнюються підходи до поєднання реляційних, документних, графових та key–value моделей даних, а також окреслюються виклики, пов’язані з продуктивністю, узгодженістю та обробкою змішаних запитів [1]. Окремий напрям досліджень зосереджений на створенні бенчмарків для оцінювання мультимодельних систем. Один із підходів передбачає генерацію змішаного навантаження – JSON, XML, табличних даних, key–value записів і графових структур, що дає змогу оцінити поведінку системи у реалістичних умовах [2]. Подальші роботи пропонують концепцію комплексного оцінювання, що враховує не лише час виконання запитів, а й внутрішні структури даних, механізми транзакційності та функціонування системи в розподіленому середовищі. Для аналізу мультимодельних аналітичних навантажень створено спеціалізований бенчмарк, який дозволяє порівнювати

системи, що одночасно працюють з реляційними, документними, графовими та масивними структурами даних [3]. Ще один напрям стосується математичного моделювання продуктивності мультисерверних і хмарних СУБД. У таких моделях застосовуються методи теорії масового обслуговування для визначення середнього часу обробки транзакцій, довжини черг та впливу стратегій планування на затримку й стабільність відповіді [4]. Узагальнення наявних результатів показує, що оцінювання мультибазових і мультимодельних систем потребує поєднання практичних бенчмарків та аналітичних моделей продуктивності.

Постановка задачі

Метою роботи є формування узагальненого підходу до оцінювання ефективності мультибазових систем та побудова системної моделі мультибазового середовища, яка описує структуру компонентів, потоки даних і механізми їх узгодженої взаємодії.

Виклад основного матеріалу

До ключових показників ефективності мультибазових систем належать пропускна здатність, затримка, масштабованість та рівень узгодженості. З урахуванням результатів бенчмаркінгу мультимодельних СУБД [2–4] ці параметри визначають стабільність системи під змішаними навантаженнями та впливають на вибір конкретних типів баз даних у різних компонентах архітектури.

Пропускна здатність характеризує кількість операцій, які система здатна виконати за одиницю часу. У бенчмарках UniBench та M2Bench цей показник визначається на змішаних навантаженнях, що включають документні, графові та реляційні операції [2, 4]. Використання таких навантажень дає змогу виявити комбінації моделей даних, які створюють надмірний тиск на окремі підсистеми і формують «вузькі місця» в архітектурі. Нерівномірність пропускної здатності пояснюється різною внутрішньою організацією та технічними обмеженнями сховищ.

Затримка (latency) відображає час виконання операції. Залежність середньої затримки від навантаження демонструє нелінійний характер її зростання: зі збільшенням кількості запитів затримка зростає швидше, а для графових БД цей ефект проявляється виразніше, ніж для документних чи реляційних СУБД. Подібна поведінка узгоджується з математичними моделями мультисерверних СУБД, де затримка залежить від завантаженості серверів і параметрів черги [5].

Аналітичні моделі, побудовані на основі теорії масового обслуговування, забезпечують можливість формально оцінювати середній час перебування транзакцій у системі, довжину черг і рівень завантаженості. Такі моделі також дають змогу досліджувати вплив стратегій планування на середню затримку та її варіацію (джиттер), що є важливим аспектом забезпечення стабільності роботи системи.

Узгодженість даних у мультибазових системах часто має характер eventual consistency, зокрема за використання документних і key–value сховищ. У таких умовах критичне значення має наявність механізмів синхронізації між компонентами: журналів змін (change data capture), подієвої інтеграції, черг повідомлень і компенсуючих транзакцій. Вони забезпечують логічну цілісність даних навіть за асинхронних оновлень.

Системна модель мультибазового середовища включає три рівні.

Компонентний рівень визначає призначення кожної бази даних: транзакційне ядро, документне сховище, графовий модуль, кеш або високошвидкісне key–value сховище.

Рівень потоків даних описує маршрути інформації між компонентами, використання брокерів повідомлень, ETL/ELT-процесів та механізмів трансформації [6].

Інтеграційний рівень охоплює API-шлюзи, механізми мультимодельних запитів, політики маршрутизації та стратегії узгодження транзакцій.

Бенчмарки UniBench і M2Bench фактично реалізують такі системні моделі у вигляді стандартизованих наборів навантажень [2, 4]. У них заздалегідь визначено структуру даних, типи операцій і цільові метрики, що дає змогу порівнювати різні реалізації мультибазових і мультимодельних систем у рівних умовах та виявляти їхні сильні й слабкі сторони.

Висновки

Оцінювання ефективності мультибазових систем потребує поєднання формальних моделей продуктивності та спеціалізованих бенчмарків для мультимодельних навантажень. Пропускна

здатність, затримка, масштабованість і узгодженість повинні розглядатися в контексті системної моделі середовища, а не як ізольовані показники. Використання чітко структурованої моделі компонентів, потоків даних та інтеграційних механізмів дає змогу виявляти «вузькі місця», коректно порівнювати альтернативні архітектури та обґрунтовано обирати оптимальні СУБД для Data Science-проєктів.

Перелік джерел посилання

1. Jiaheng Lu and Irena Holubová. Multi-model Databases: A New Journey to Handle the Variety of Data. ACM Comput. Surv. 2019, Vol. 52(3), 38 p. https://doi.org/10.1145/3323214
2. Zhang, C., Lu, J., Xu, P., Chen, Y. UniBench: A Benchmark for Multi-model Database Management Systems. Performance Evaluation and Benchmarking for the Era of Artificial Intelligence. 2018, Vol. 11135, pp. 7–23. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11404-6_2
3. Zhang C., Lu J. Holistic evaluation in multi-model databases benchmarking. Distrib Parallel Databases. 2021, Vol. 39, pp. 1–33. https://doi.org/10.1007/s10619-019-07279-6
4. Kim B., Koo K., Enkhbat U. M2Bench: A Database Benchmark for Multi-Model Analytic Workloads. Proc. VLDB Endow., 2022, Vol. 16, pp. 747-759. https://doi.org/10.14778/3574245.3574259
5. Tankoano, J. Multi-model Database Design and Query Processing in NewSQL DBMSs. American Journal of Computer Science and Technology, 2025, Vol. 8(2), pp. 52-71. https://doi.org/10.11648/j.ajcst.20250802.12
6. ETL vs. ELT: Optimizing Data Integration for Retail and Insurance Analytics. Journal of Computational Intelligence and Robotics. 2023, Vol. 3(1), pp. 37-84. https://www.thesciencebrigade.org/jcir/article/view/297

УДК 62.83.52

Пономарьов К. А.,
слухач групи ЗМПБ-24, ОПП «Пожежна безпека»

Дурєєв В. О.,
к.т.н., доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

Постановка проблеми

Задачею підвищення ефективності застосування систем протипожежного захисту є покращення параметрів системи пожежогасіння, а саме зменшення часу та кількості вогнегасної речовини для локалізації та гасіння пожежі.

В якості приладів, що забезпечують ці функції, зазвичай застосовуються контрольно-сигнальні та запорно-пускові пристрої. Проте, досвід локалізації та гасіння резонансних пожеж показує все більшу потребу в управлінні роботою системами протипожежного захисту у вигляді спеціальних програм та алгоритмів включення в процес пожежогасіння елементів таких систем.

Одним із напрямів оптимізації роботи системи пожежогасіння, є застосування алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяють надійно і швидко виявляти та гасити пожежу без участі в цьому процесі людини.

Отже, існує проблема створення систем пожежогасіння з застосуванням можливостей штучного інтелекту для підвищення ефективності гасіння пожежі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В [1] наведено результати дослідження впливу алгоритмів управління на роботу перетворювачів з математичним описом процесу. Показано підхід застосування алгоритмів автоматичного управління роботою приводів. Проте застосування штучного інтелекту не

модулювалося.

В [2] показано застосування синтезу вихідних сигналів, що пов'язані між собою при заданому сигналі на вході. Показана можливість застосування алгоритмів штучного інтелекту для управління роботою такої системи. Але саме алгоритми застосування такого підходу в роботі не роздивлялися.

В [3] представлено варіант застосування цифрового контролюючого пристрою для керування роботою виконавчого механізму з застосуванням алгоритмів, що оптимізують його роботу. Алгоритми за якими працює контролер базується на використанні моделювання проміжних сигналів, що оптимізує параметри роботи виконавчого механізму подібно можливостям штучного інтелекту. Моделювання варіантів застосування алгоритмів штучного інтелекту в роботі не представлено.

В [4] проведено дослідження зміни рівня вхідного сигналу на виконавчий пристрій з заданими параметрами роботи. Показано залежність швидкості застосування виконавчого пристрою при зміні рівня та швидкості формування параметрів вхідного сигналу. Аналіз та складання моделей функціональної схеми виконавчого пристрою з засобами реалізації алгоритмів штучного інтелекту в роботі не проводилося.

Таким чином, аналіз останніх джерел та публікацій показав зростання актуальності наведеної проблеми, невирішеною та важливою частиною якої є застосування алгоритмів штучного інтелекту для підвищення ефективності роботи систем протипожежного захисту.

Постановка задачі

Задачею роботи є дослідження впливу алгоритмів штучного інтелекту на покращення ефективності роботи системи протипожежного захисту. Досягнення поставленої задачі, потрібно

- розробити функціональну модель приладу системи протипожежного захисту з можливістю застосування алгоритмів штучного інтелекту;
- провести дослідження впливу автоматичного управління роботою виконавчого пристрою.

Виклад основного матеріалу

Функціональна модель виконавчого пристрою з урахуванням застосування пристроїв, що реалізують алгоритм його управління засобами штучного інтелекту, представлено на рис. 1

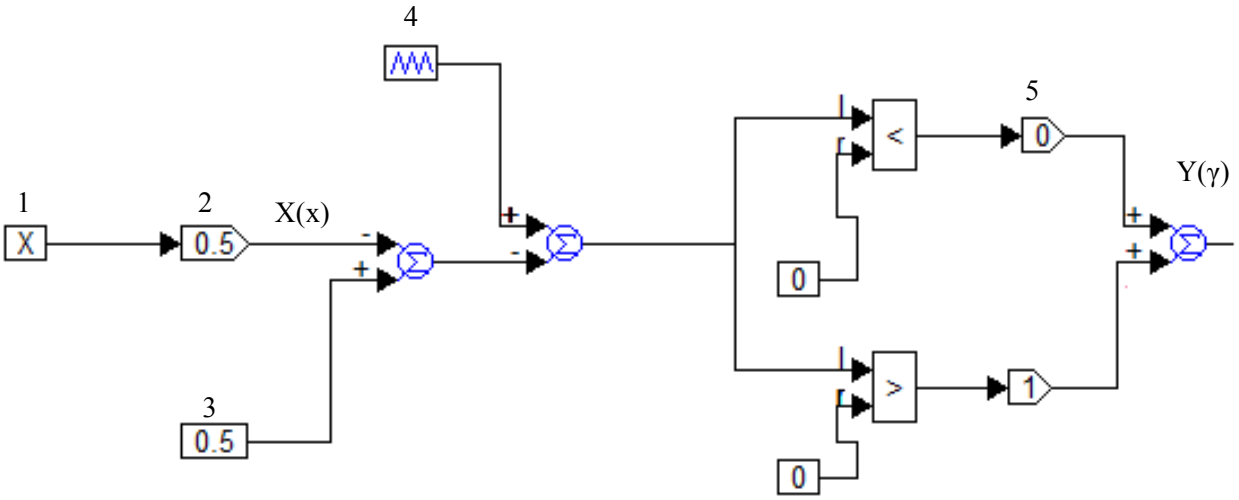


Рисунок 1. Функціональна модель застосування пристроїв штучного інтелекту для управління роботою виконавчого механізму системи протипожежного захисту

Графічні результати застосування алгоритмів штучного інтелекту при управлінні роботою виконавчого пристрою системи пожежогасіння, показано на рис. 2

Перший режим роботи виконавчого пристрою, що формується засобами штучного інтелекту – рівень вхідного сигналу X=0, скважність γ=0,5. Другий режим – рівень вхідного сигналу X=0,8, скважність γ=0,8. Частота сигналу пилкоподібної форми в обох режимах роботи ω=1.

Вплив вхідного сигналу, що формується алгоритмами штучного інтелекту на вихідний сигнал виконавчого пристрою системи протипожежного захисту, рис. 3

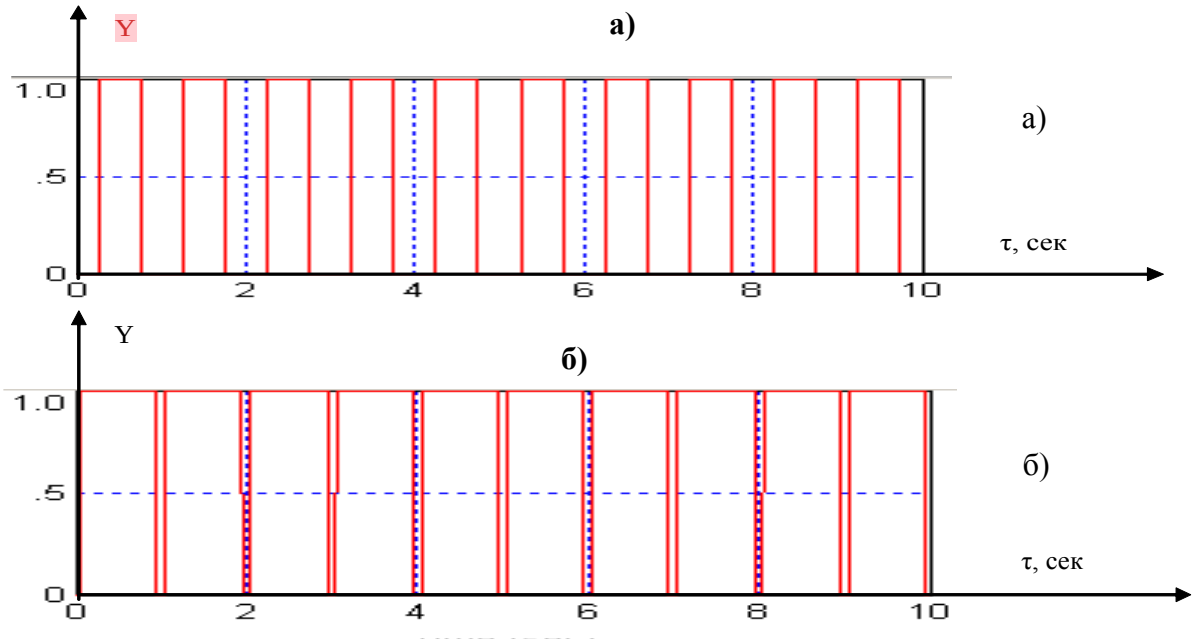


Рисунок 2. Вихідний сигнал алгоритму штучного інтелекту на виконавчий пристрій:

а – режим роботи 1; б – режим роботи 2

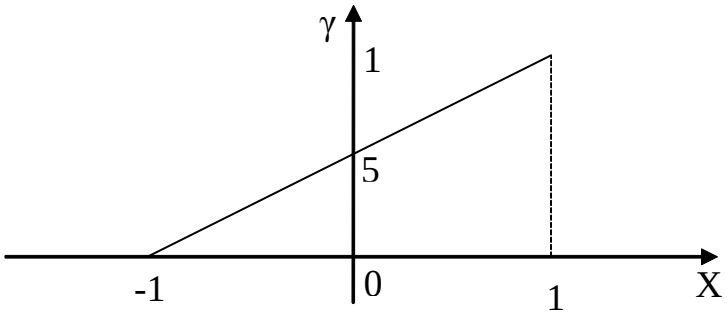


Рисунок 3. Залежність вихідного сигналу виконавчого пристрою системи протипожежного захисту від вхідного сигналу, рівень якого формується алгоритмами штучного інтелекту

Таким чином, в функціональній моделі виконавчого пристрою враховано наявність засобів, що формують та застосовують алгоритми штучного інтелекту формування керуючого сигналу для управління роботою інерційним виконавчим пристроєм, що не розглядалося раніше.

Отже визначено, що швидкість приведення в дію виконавчого пристрою може бути покращена, що підвищує ефективність застосування системи протипожежного захисту. Подальший розвиток представленого методу полягає в урахуванні діапазону режимів роботи системи протипожежного захисту, з урахуванням умов та особливостей протікання надзвичайної ситуації.

Висновки

1. Розроблено функціональну модель виконавчого пристрою системи протипожежного захисту, робота якого управляється з застосуванням алгоритмів штучного інтелекту. Особливістю моделі є застосування алгоритмів штучного інтелекту для формування вхідного сигналу виконавчого пристрою.

2. Проведене дослідження алгоритму формування вхідного сигналу на швидкодію виконавчого пристрою системи протипожежного захисту. Наведено графічні результати досліджень залежності рівня вихідного сигналу виконавчого пристрою від рівня вхідного сигналу, що сформовано алгоритмами штучного інтелекту.

Перелік джерел посилання

1. Kustanovich Z., Reissner F., Shivratri S., Weiss G. The sensitivity of grid-connected synchronverters with respect to measurement errors. IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 118985–118995. doi:10.1109/ACCESS.2021.3107345

2. Busada C. A., Jorge S. G., Solsona J. A. Output admittance synthesizerfor synchronverters. In IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2021. doi:10.1109/TIE.2023.3277109

3. Abo-Khalil A. G., Al-Qawasmi A.-R., Eltamaly A. M., Yu B. G. Condition monitoring of DC-Link Electrolytic Capacitors in PWM power converters using OBL method. Sustainability. 2020. № 12. P. 719–726. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3719

4. Passenbrunner T., Sassano M., Trogmann H., del Re L., Paulweber M., Schmidt M., Kokal H. Inverse torque control of hydrodynamic dynamometers for combustion engine test benches. Proceedings of the American Control Conference. 2011. P. 4598–4603.

УДК 004.89:004.932.2

Прус Б. В.,
аспірант кафедри програмного забезпечення

Ракитянська Г. Б.,
кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмного забезпечення

АРХІТЕКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ НАДІЙНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ СЦЕН З ВИКОРИСТАННЯМ ДИСТИЛЯЦІЇ ЗНАНЬ

Вінницький національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Інтелектуальні системи аналізу зображень займають важливе місце у задачах безпеки дорожнього руху, моніторингу міських територій, підтримки прийняття рішень та мобільних розпізнавальних системах. Проте сучасні методи глибинного навчання потребують значних обчислювальних ресурсів і демонструють нестабільність роботи на мобільних або вбудованих пристроях. Зокрема, проблемою є забезпечення надійності програмної системи за умов обмежених ресурсів, змінного освітлення, різноманітності сцен та високої варіативності поведінки об’єктів [1].

Виникає необхідність у створенні архітектурної моделі інтелектуальної системи, що забезпечує високу точність аналізу сцен, стійкість до помилок та оптимальне використання ресурсів. Одним із найбільш ефективних підходів для таких систем є дистиляція знань, яка дозволяє переносити властивості великих моделей у компактні, придатні для мобільного застосування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Попередні результати показують ефективність семантичного аналізу дорожніх сцен, зокрема моделі «об’єкт–суб’єкт–відношення», що забезпечує структуроване уявлення про взаємодії між об’єктами [1]. Розвитком цього напряму є метод 3W-класифікації, який дозволяє інтерпретувати рівень безпеки сцени з урахуванням невизначеності та просторових параметрів [2].

У контексті оптимізації обчислювальних моделей активно застосовується дистиляція знань, що дозволяє переносити властивості великих моделей у компактніші, зменшуючи обчислювальні витрати без суттєвих втрат якості [3]. Питання роботи з невизначеністю додатково розглядаються у межах трирівневих рішень і granular-моделювання, де оцінюється ступінь ризику та нечіткість ознак [4].

Водночас аналіз складних сцен з великою кількістю об’єктів та варіативними зв’язками залишається відкритою проблемою, що підтверджується сучасними роботами зі scene-graph моделювання [5].

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Сучасні методи аналізу дорожніх сцен забезпечують певний рівень інтерпретованості та точності, проте не гарантують стабільності роботи в умовах мобільних або ресурсно обмежених середовищ. Відсутня узгоджена архітектура, яка б об'єднувала детекцію, семантичну реконструкцію, нечітку оцінку ризику та прогнозування у цілісний цикл обробки. Недостатньо вивчено, як результати дистиляції можуть бути інтегровані в granular- та prototype-based моделі так, щоб підвищити саме надійність програмної системи, а не лише її швидкодію. Також залишається відкритим питання контролю накопичення помилок та узгодженості рішень між послідовними кадрами у динамічних сценах [1-4].

Постановка задач

Метою дослідження є формування архітектурної моделі інтелектуальної системи аналізу сцен, у якій дистиляція знань використовується як ключовий механізм підвищення надійності, стійкості та узгодженості результатів за умов обмежених обчислювальних ресурсів. Передбачається досягнення цього через інтеграцію компактних дистильованих моделей у модулі детекції, семантичної реконструкції, нечіткої класифікації та прогнозування ризику.

Виклад основного матеріалу

Запропонована архітектура системи заснована на послідовній обробці даних, де кожен модуль виконує спеціалізовану функцію, але такий спосіб організації передбачає глибоку інтеграцію результатів між ними. На першому етапі застосовується дистильована модель детекції об'єктів, яка зберігає структурні властивості великої моделі, але працює швидше та демонструє підвищену стабільність щодо варіацій освітлення і перспективи. Отримані об'єктні ознаки передаються до модуля семантичної реконструкції, де формується узгоджена структура «об'єкт–суб'єкт–відношення» [1]. На цьому етапі додатково виконується перевірка консистентності між кадрами, що зменшує ймовірність хибних взаємодій [4].

Далі сцена аналізується нечіткою granular-моделлю, яка оцінює рівень ризику на основі просторового розташування об'єктів, ступеня перекриття та напрямку руху. Інтеграція дистильованих ознак у granular-rule систему дозволяє стабілізувати значення належності до кожного з трьох класів і зменшити вплив дрібних варіацій у вхідних даних [4]. Наступним етапом є модуль прогнозування, де прототип-орієнтована логіка визначає найбільш імовірні зміни конфігурації сцени. Тут дистиляція використовується для перенесення знань про типові просторові патерни з великих моделей у мобільні.

Комплексне поєднання цих компонентів забезпечує відмовостійкість системи та зменшення накопичення помилок [2-4]. Експериментальні оцінки демонструють зростання стабільності класифікації у динамічних сценах та зменшення частоти зміни рішень між сусідніми кадрами. Крім того, досягнуто суттєве зменшення часу обробки кадру та обчислювальних витрат, що дозволяє застосовувати систему в реальному часі.

Висновки та рекомендації

У результаті дослідження сформовано архітектурну модель інтелектуальної системи аналізу сцен, у якій дистиляція знань виступає ключовим механізмом підвищення надійності програмної системи. Інтеграція компактних моделей детекції, семантичної реконструкції, granular-класифікації та прототипного прогнозування забезпечує стабільність рішень, зменшує чутливість до змін середовища та дає змогу працювати в умовах обмежених ресурсів. Результати вказують на доцільність подальших досліджень у напрямі оптимізації процедур контрольної перевірки між модулями та розширення моделей прогнозування для складніших динамічних сцен.

Перелік джерел посилання

1. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. Метод візуального розпізнавання відношень «об'єкт–суб'єкт» для аналізу дорожніх сцен // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2025: матеріали V Всеукр. наук.-техн. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Одеса, 25–26 верес. 2025 р.). – Одеса: ОНТУ, 2025. – 367 с.

2. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. 3W класифікація дорожніх сцен на основі нечітких гранулярних правил // Інформаційні технології і автоматизація – 2025: матеріали XVIII міжнар. наук.-практ. конф. (31 жовтня 2025 р.). – Одеса: ОНТУ, 2025.

3. Hinton G., Vinyals O., Dean J. Distilling the knowledge in a neural network. arXiv preprint, 2015. – URL: https://arxiv.org/abs/1503.02531

4. Yao Y. Three-way decision and granular computing. International Journal of Approximate Reasoning. 2018. – Vol. 103. – P. 107–123.

5. Duan J., Min W., Lin D., Xu J., Xiong X. Multimodal graph inference network for scene graph generation. Applied Intelligence. 2021. – Vol. 51(12). – P. 8768–8783.

УДК 004

Стецюк М. М.,
аспірант 2 курсу спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Комп'ютерні науки»

Захарченко Р. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмних засобів і технологій

ВИКОРИСТАННЯ MULTI-AGENT REINFORCEMENT LEARNING ДЛЯ АВТОНОМНОГО РОЗПОДІЛУ РОЛЕЙ У ГЕТЕРОГЕННОМУ РОЇ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Сучасні рої безпілотних літальних апаратів (БпЛА) усе частіше розглядаються як базова технологія для розвідки, моніторингу інфраструктури, логістики та військових застосунків. Ключова перевага ройових систем полягає в можливості кооперативного виконання задач за умов невизначеності, часткової спостережуваності та обмежених ресурсів окремих апаратів. Особливий інтерес становлять гетерогенні рої, до складу яких входять апарати з різними льотно-технічними характеристиками, сенсорними наборами та функціональними можливостями, що дає змогу досягати вищої ефективності місії порівняно з однорідними групами.

Традиційні методи керування, такі як централізоване планування, мають жорстко закріплені ролі та багатокритеріальну оптимізацію, що погано масштабується з ростом кількості БпЛА та не забезпечує достатньої адаптивності до динамічних змін середовища.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Огляд роботи [1] показує, що multi-agent reinforcement learning (MARL) стає одним із провідних підходів до керування роями БпЛА, оскільки дозволяє агентам навчатися спільної поведінки на основі взаємодії з середовищем і один з одним.

Разом із тим більшість робіт з MARL для БпЛА зосереджуються на керуванні траєкторією, уникненні зіткнень та кооперативному пошуку цілей [1], тоді як проблема автономного розподілу ролей у гетерогенному рої досліджена недостатньо. У той же час роботи з гетерогенними мульти-роботними системами демонструють, що явне врахування гетерогенності політик та можливостей агентів дозволяє досягати вищої стійкості та якості рішень, як показано в роботі [2], а спеціалізовані алгоритми розподілу задач для гетерогенних роїв БпЛА істотно знижують час виконання місії та споживання енергії [3]. Крім того, роль-орієнтовані підходи в MARL (emergent roles) показали свою ефективність у задачах координації великої кількості агентів [4].

Постановка задачі

Для вирішення розглянутої проблеми необхідна розробка концепції та моделі автономного розподілу ролей у гетерогенному рої БпЛА на основі multi-agent reinforcement learning, що забезпечить адаптивне, децентралізоване керування при кооперативному виконанні задач із часовими та енергетичними обмеженнями.

Виклад основного матеріалу

Рій розглядається як множина агентів $\mathcal{A} = \{1,2,\dots,N\}$, кожен агент i належить до певного типу, що визначає його динаміку, енергетичні характеристики та сенсорний набір. Гетерогенність типів відповідає фізичній та сенсорній гетерогенності, описаній у [2].

Стан середовища описується вектором s_t, що включає просторове розташування БпЛА та цілей, стан покриття території (які сектори вже оглянуто), стан виконання задач (етапи ланцюгів «розвідка–доставка–оцінка» [3]) та стан базових станцій/пунктів заряджання.

Через часткову спостережуваність кожен агент має локальне спостереження o_t^i, яке може доповнюватися повідомленнями від інших агентів (GNN-комунікація як у [2]).

Ролі визначаються як дискретний набір $\mathcal{R} = \{r_1, \dots, r_K\}$, де вони можуть бути такі як, наприклад:

r_1– розвідник (пріоритет – покриття та виявлення цілей);

r_2– ретранслятор (забезпечення зв'язку, політ на більшій висоті);

r_3– виконавець доставки (переміщення вантажу/засобів);

r_4– оцінювач ефекту (детальна зйомка після впливу);

r_5– резерв/база (очікування, заряджання, підміна).

Запропоновано двошарову схему прийняття рішення.

1. Рольовий шар - політика

$$\pi_\theta^{\text{role}}(r_t^i \mid o_t^i, \text{type}_i)$$

обирає роль для агента залежно від його спостереження та типу.

2. Операційний шар - для кожної ролі визначається підполітика

$$\pi_{\phi_r}^{\text{act}}\left(a_t^i \mid o_t^i, r_t^i\right)$$

що задає низькорівневі дії (керування положенням, вибір сектора, режим сенсорів тощо).

Такий підхід узгоджується з роль-орієнтованим MARL (ROMA) [4], де ролі формуються як латентні представлення, що впливають на політику агента, та з ідеєю явного врахування гетерогенності політик у HetGPPO [2].

Як базову парадигму доцільно використати централізоване навчання з децентралізованим виконанням (CTDE) [1] де, під час навчання централізований критик має доступ до глобального стану та дій усіх агентів, тоді, як під час виконання, кожен БпЛА використовує лише локальне спостереження.

Пропонується actor–critic-архітектура з рольовим актором, що генерує рольові ембедінги (як у [4]) з урахуванням типу агента, операційним актором, параметризованим GNN або attention-мережею для обміну інформацією між агентами (як у [2]), критиком, який оцінює спільну дію всіх агентів з урахуванням розподілу ролей.

Потрібно підкреслити, що функція нагороди має враховувати позитивні внески. Такі як успішне виявлення цілей та завершення всіх етапів ланцюга задач [3], скорочення загального часу місії, збереження цілісності рою та підтримання зв'язку. Також потрібно щоб враховувалися і штрафи, такі як зіткнення та порушення обмежень безпеки, перевищення ліміту енергії/палива, «холості» польоти без корисного результату та надмірна зміна ролей (для уникнення «миготіння» ролей).

Очікується, що динамічний розподіл ролей дозволить рою адаптуватися до змін середовища, а це втрата окремих БпЛА, поява нових задач і зміна пріоритетів. Маршрутизація та коаліційне формування для виконання складних задач можуть спиратися на ідеї динамічних коаліцій і MRTA з підкріпленням [2, 3].

Як базовий сценарій пропонується кооперативний пошук і рятування після умовної надзвичайної ситуації. А це може бути коли область розбивається на сектори, коли частина секторів містить об'єкти інтересу (умовні постраждалі/зруйновані об'єкти), коли гетерогенний рій включає швидкі розвідники, вантажні БпЛА та ретранслятори.

Порівнюються такі варіанти керування як статичний розподіл ролей (кожен БпЛА має фіксовану роль), ручний (евристичний) динамічний розподіл ролей та запропонований MARL-підхід з рольовою декомпозицією.

Згідно з результатами [3], навіть «класичні» алгоритми коаліційного формування дають двозначне скорочення часу та споживання енергії і очікується, що MARL-підхід зможе досягти співставних або кращих показників, додатково забезпечуючи адаптивність до непередбачуваних змін.

Висновки

В результаті проведеного дослідження запропонована концептуальна модель використання multi-agent reinforcement learning для автономного розподілу ролей у гетерогенному рої БпЛА. На відміну від підходів із фіксованими ролями або чисто оптимізаційних схем розподілу задач, запропоновано явну рольову декомпозицію політик з урахуванням гетерогенності агентів, застосування CTDE-парадигми MARL для кооперативних місій рою БпЛА, інтеграцію ідей динамічних коаліцій та ланцюгів задач, доведених ефективними для гетерогенних роїв.

В подальших дослідженнях планується зосередитися на реалізації моделі в симуляційному середовищі (наприклад, AirSim, Gazebo) із подальшою валідацією алгоритмів на апаратних стендах, а також на розширенні функції нагороди з урахуванням ризик-орієнтованих критеріїв і вимог до надійності та кібербезпеки.

Перелік джерел посилання

1. Ekechi C. C., Elfouly T., Alouani A., Khattab T. A Survey on UAV Control with Multi-Agent Reinforcement Learning // Drones. – 2025. – Vol. 9, No. 7. – Article 484.

2. Bettini M., Shankar A., Prorok A. Heterogeneous Multi-Robot Reinforcement Learning // Proceedings of the 22nd International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). – 2023.

3. Liu H., Shao Z., Zhou Q., Tu J., Zhu S. Task Allocation Algorithm for Heterogeneous UAV Swarm with Temporal Task Chains // Drones. – 2025. – Vol. 9, No. 8. – Article 574.

4. Wang T., Zhang H. D., Yang J., Zheng W., Wang H., Zhang C. ROMA: Multi-Agent Reinforcement Learning with Emergent Roles // Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning (ICML). – 2021. – PMLR, Vol. 139.

УДК 614.8

Янов В. Є.,
магістр 2-го курсу спеціальності 261 «Пожежна безпека» ОПП «Пожежна безпека»

Антошкін О. А.,
к.т.н., доцент кафедри автоматичних систем безпеки та електроустановок

ВИКОРИСТАННЯ РИЗИК-ОРИЄНТОВНОГО ПІДХОДУ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Національний університет цивільного захисту України

Постановка проблеми

Енергетичний комплекс є однією з базових галузей економіки України, яка допомагає протистояти ворогу в умовах повномасштабного вторгнення. Відповідно, підтримання працездатності об'єктів енергетики, організація та забезпечення їх захисту від пожеж та надзвичайних ситуацій є однією з пріоритетних задач нашої держави.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз відкритих джерел [1] демонструє фатальність наслідків аварій на об'єктах енергетики, незалежно від їх причин, для економіки країни. В роботі [2] було розглянуто питання протипожежного захисту об'єктів енергетики України. В тому числі і з урахуванням небезпек під час воєнного стану. Як складову було запропоновано використання автоматичних систем пожежогасіння [3]. Також в роботі [2] було проаналізовано можливість використання різних вогнегасних складів для ліквідації пожеж на таких об'єктах.

Постановка задачі

Системи автоматичного пожежогасіння як складова системи захисту об'єктів енергетичного комплексу в роботі [1] були запропоновані за результатами аналізу пожежної небезпеки. Ще одним аргументом на користь саме автоматичних систем пожежогасіння може стати використання ризик-орієнтовного підходу [4] для обгрунтування будови системи протипожежного захисту. Отже, з метою аргументованого проведення вдосконалення системи протипожежного захисту виконаємо оцінку ризиків виникнення НС на об'єктах енергетики.

Виклад основного матеріалу

Ризик-орієнтований підхід до оптимізації складу та роботи систем протипожежного захисту базується на принципі оцінювання ймовірності виникнення пожежі та потенційних наслідків для людей, майна й навколишнього середовища. Такий підхід дозволяє раціонально розподіляти ресурси, спрямовуючи зусилля на усунення або мінімізацію найбільш критичних ризиків.

Використання ризик-орієнтовного підходу передбачає проходження кількох етапів.

1. Ідентифікація можливих небезпек.

Визначаються потенційні джерела займання, фактори поширення пожежі, наявні засоби виявлення та гасіння.

2. Побудова дерева відмов (Fault Tree Analysis, FTA).

Дерево відмов застосовується для визначення основних причин можливої несправності. На вершині дерева – подія «відмова системи», нижче – комбінації технічних, людських або організаційних факторів, що до неї призводять. Це дозволяє визначити найбільш вразливі елементи системи, які мають пріоритет при модернізації або технічному обслуговуванні.

Відповідно до наведеного на рисунку 1 дерева відмов надзвичайні ситуації можуть виникати і розвиватися по трьом гілкам – внутрішні технічні причини, зовнішні фактори та завдяки людському фактору.

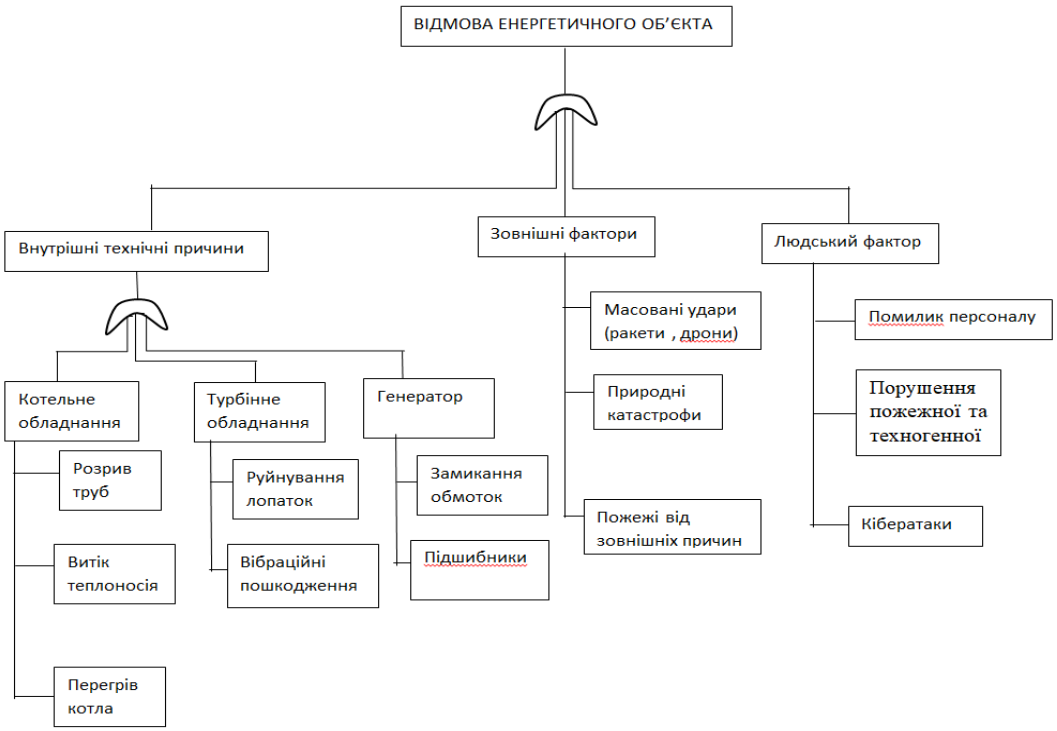


Рисунок 1. Дерево відмов у разі аварії на енергетичному об'єкті

3. Побудова дерева подій (Event Tree Analysis, ETA).

Дерево подій використовується для аналізу можливих сценаріїв розвитку пожежі залежно від спрацьовування або відмови окремих елементів системи.

Для ситуації, що розглядається, дерево подій у разі виникнення проблем на енергетичному об’єкті представлено на рисунку 2.

4. **Оцінювання ризику.**

Розраховується ймовірність реалізації кожного сценарію пожежі та величина потенційних збитків. Отримані результати порівнюються з допустимими рівнями ризику.

5. **Вибір напрямку вдосконалення.**

На основі аналізу ETA та FTA визначаються конкретні заходи з підвищення надійності:

- модернізація системи пожежної сигналізації;
- резервування критичних компонентів;
- підвищення кваліфікації персоналу;
- оптимізація алгоритмів виявлення та реагування.

6. **Моніторинг ефективності.**

Після реалізації заходів проводиться повторний аналіз для підтвердження зниження рівня ризику.

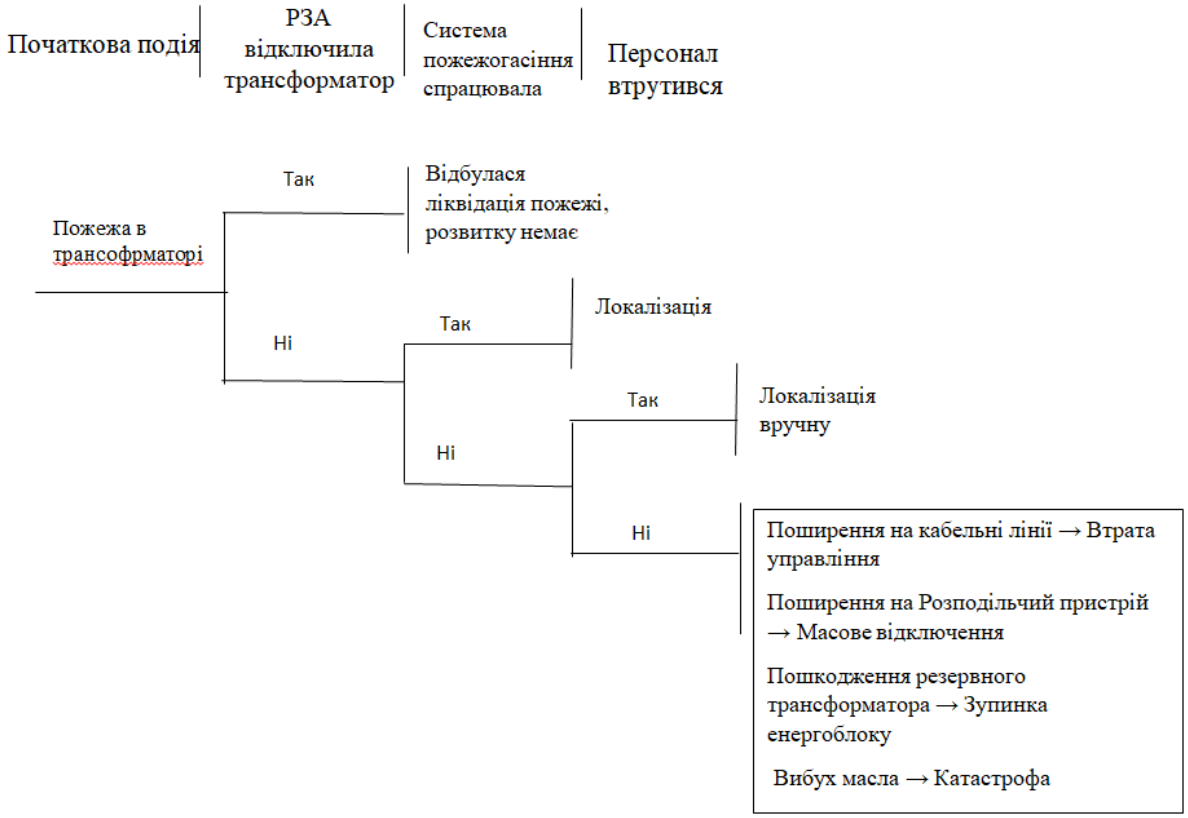


Рисунок 2. Дерево подій у разі аварії на енергетичному об’єкті

Отже, з рисунку 2 очевидно, що при успішному спрацюванні системи пожежогасіння гілка розвитку пожежі на трансформаторі стає суттєво коротше, аніж при ручному гасіння. Відповідно скорочується час розвитку пожежі, її площа та збитки від неї.

Таким чином, використовуючи ризик-орієнтований підхід можна аргументовано запропонувати впровадження та вдосконалення систем автоматичного пожежогасіння для захисту об’єктів енергетики.

Переваги застосування підходу:

- об’єктивна оцінка ефективності;
- виявлення «слабких місць» ще на етапі проектування;
- підвищення економічної ефективності за рахунок цілеспрямованих інвестицій;
- аргументований вибір технічних рішень і пріоритетів вдосконалення.

Висновки

За допомогою ризик-орієнтовного підходу було аргументовано обґрунтовано впровадження та вдосконалення систем автоматичного пожежогасіння як інструменту захисту об'єктів енергетики України, в тому числі з урахуванням ризиків воєнного стану.

Перелік джерел посилання

1. ДТЕК [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dtek.com.
2. Янов В.Є., Антошкін О.А. Організація протипожежного захисту об'єктів енергетичного комплексу // Цивільний захист в умовах війни : збірник тез доповідей І Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 17-18 квітня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. с. 144-146. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25020.
3. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: навчальний посібник/ Дерев'янко О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М та ін. НУЦЗУ. – Х.: ФОП Панов А.М., 2018. – 276 с. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8497.
4. Основи ризик-орієнтовного підходу в пожежній безпеці: конспект лекцій. Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 23 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (освтньо-професійна програма «Аудит пожежної та техногенної безпеки») /Укладачі: О.М. Григоренко, Ю.П. Ключка, В.В. Олійник. – НУЦЗУ, 2023. – 162 с.

СЕКЦІЯ 4.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ, ОСВІТІ, ЕКОНОМІЦІ, ЛОГІСТИЦІ, ТУРИСТИЧНІЙ СФЕРІ, ТРАНСПОРТІ

UDK 004.89

***Chernov V. O.*[1],**
student of the 2nd (master's) level of higher education

***Lazarieva O. O.*[2],**
student of 1st (bachelor's) level of higher education

***Lazariev O. V.*[1],**
senior lecturer, department of Automation and computer remote control of train traffic

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR OPERATIONAL MANAGEMENT IN MIXED TRAFFIC AND SINGLE-LANE TRAFFIC RESTRICTIONS

[1]*Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine*
[2]*V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine*

Problem statement

The Ukrainian railway network is a critically important transport artery for the economy and the mobility of the population. At the same time, it operates under extremely difficult conditions: a significant proportion of single-track sections and high intensity of mixed traffic (passenger, suburban, and freight trains traveling at different speeds and with different priorities). In such conditions, traditional dispatching methods, which rely mainly on the dispatcher's experience, reach the limits of their effectiveness.

Presentation of the main material

The introduction of a modern decision support system (DSS) is not just a technological modernization, but a strategic necessity to increase the throughput, safety, and efficiency of the railway.

The specificity of the Ukrainian railway lies in two key limitations:

– mixed traffic, namely: high-speed passenger trains, regular passenger trains, suburban trains, and freight trains are simultaneously on the same tracks. Each type has its own priority; for example, the passage of a heavy freight train can cause significant delays to passenger trains, and vice versa.

– single-track sections are the main limitation of the network due to their length. On such sections, the so-called problem of encounters and overtaking arises. The dispatcher must quickly decide which train will proceed first and which will wait at the passing loop. A suboptimal decision instantly creates a «domino effect», causing cascading delays throughout the section.

In conditions of increased logistical load and the need to quickly adapt to unpredictable disruptions (caused by technical malfunctions, weather conditions, or military actions), the price of a dispatcher's mistake or suboptimal decision increases significantly [1].

Key functions of the DSS system:

– monitoring and forecasting: the system continuously receives data on the location of all trains (from GPS and signalling systems), their speed, and adherence to the schedule;

– conflict detection: based on predicted movement, the DSS automatically identifies potential future conflicts, such as two trains travelling toward each other on a single-track section, or a faster train catching up with a slower one;

– evaluation and search for solutions: calculation of dozens of options for resolving the conflict using mathematical models.

After assessing the situation and finding a possible solution, the system can offer the dispatcher:

– a change in order, i.e., a decision on which train will pass the passing loop first [2];

– a change in time, i.e., a slight adjustment to the speed of one of the trains so that it arrives at the meeting point at a different time, avoiding a stop [2];

– change the route – where possible, suggest an alternative route [3];

– support the decision through analysis – the dispatcher can simulate the consequences of their decision before making it, for example, «what will happen if this train is delayed by 10 minutes?» [4].

Conclusions

The implementation of DSS faces several challenges, including the need for integration with existing, often outdated, dispatch centralization systems. In addition, the process requires significant investments in software, hardware, such as GPS systems for locomotives, and staff training. Another problem is ensuring data reliability, as the effectiveness of DSS directly depends on the accuracy and completeness of information received in real time.

For Ukraine, which is actively integrating into the European transport system and needs maximum efficiency in its logistics, the introduction of modern decision support systems will solve the problems of mixed traffic and increase the competitiveness of rail transport.

References

1. Törnquist J. Computer-based decision support for railway traffic scheduling and dispatching: A review of models and algorithms // 5th Workshop on Algorithmic Methods and Models for Optimization of Railways (ATMOS). – Dagstuhl, Germany, 2006. – P. 659–683. [Electronic resource] URL: https://drops.dagstuhl.de/storage/01oasics/oasics-vol002-atmos2005/OASIcs.ATMOS.2005.659/OASIcs.ATMOS.2005.659.pdf (Date of application 14.11.2025).

2. Afonso P. A. Railway traffic management: Meet and pass problem. – Lisbon: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2005. [Electronic resource] URL: https://www.researchgate.net/publication/221251965_Railway_Traffic_Management_-_Meet_Pass_Problem (Date of application 14.11.2025).

3. D'Ariano A., Pranzo M., Hansen I. A. An innovative decision support system for railway traffic control // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2007. – Vol. 8, no. 2. – P. 208–222. – doi: 10.1109/TITS.2007.894676. [Electronic resource] URL: https://www.researchgate.net/publication/224125661_Innovative_Decision_Support_System_for_Railway_Traffic_Control (Date of application 14.11.2025).

4. Corman F., D'Ariano A., Pacciarelli D., Pranzo M. A tabu search algorithm for rerouting trains during rail operations // Transportation Research Part B: Methodological. – 2010. – Vol. 44, no. 1. – P. 175–192. – doi: 10.1016/j.trb.2009.05.009. [Electronic resource] URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191261509000708 (Date of application 14.11.2025).

УДК 655.3.066.12+004.942

Slipetskyi Yu. B.,
Postgraduate

Kudriashova A. V.,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Virtual Reality Systems

METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF PREPRESS PROCESSING OF NEWSPAPER AND MAGAZINE PUBLICATIONS

Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Problem Statement

The problem of quality assessment of prepress processing for newspaper and magazine products is highly relevant. It is crucial to employ system analysis methods to identify, structure, and evaluate the interrelationships among numerous parameters that influence the final outcome. This approach allows the publication creation process to be viewed as a holistic system, within which various types of components interact [1].

Specifically, the methodological essence of system analysis lies in shifting from partial quality assessments (e.g., of compositional design, layout, or dimensional parameters) to a multidimensional

evaluation model that accounts for the mutual influence of these parameters. System evaluation must rely on the following principles: hierarchy, modularity, and feedback [2].

Considering prepress processes, the hierarchy principle implies that the publication should be viewed as a multi-level structure. Modularity stipulates that each component possesses its own quality indicators, which can be integrated into the overall assessment. Furthermore, the evaluation system should provide for the adaptation of criteria in response to changes in production technologies or user needs.

Literature Review

In recent scientific publications, the concept of quality increasingly encompasses the information component of operational activities. As noted in [3], the key characteristics for evaluating information quality include data reliability, completeness, consistency, and timeliness of processing. Reference [4] investigates how the implementation of advanced digital technologies affects information quality. It is also confirmed that the efficiency of operations is highly dependent on the characteristics of information flows that ensure the interaction between the stages of product design, preparation, and realization.

Objective

The objective of this work is to analyze the methods for assessing the quality of prepress processing in newspaper and magazine publications and to develop an evaluation model for the investigated process.

Presentation of the Main Material

In most cases, the quality assessment of prepress processes is performed after the completion of specific technological operations. This approach focuses on identifying deviations or defects that have already occurred as a result of their execution. Thus, it allows for the control of the final result but does not prevent the occurrence of errors during their formation. Furthermore, traditional evaluation methods often possess a linear nature and fail to reflect the complex interaction between the technical, organizational, and informational components of the production environment. Therefore, it is also advisable to implement predictive quality assessment, which allows for anticipating potential deviations during the planning or execution stages of the process. This is particularly relevant when designing new periodical publications or special issues with parameters differing from the main editions. In contemporary research, quality prediction is increasingly performed using fuzzy logic. The application of fuzzy sets allows for the processing of uncertain or incomplete data, which can have both quantitative and qualitative representations. The core idea behind applying fuzzy logic is the representation of quality factors through linguistic variables, which are associated with membership functions in the range [0;1]. Prediction based on fuzzy rules enables the formulation of recommendations for parameter correction before defects arise [5]. Summarizing the aforementioned points, a research model has been formulated, aimed at assessing the quality of prepress processing of newspaper and magazine products (Fig. 1).

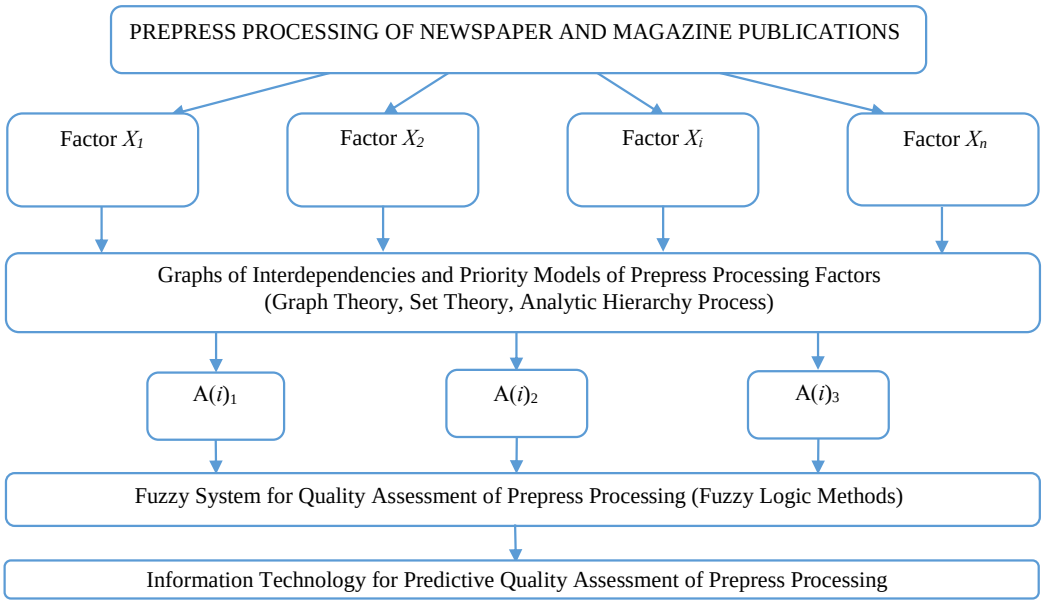


Figure 1. Hierarchical Model for Quality Assessment of Prepress Processing in Newspaper and Magazine Publications

The interrelationships between quality factors are visualized using directed graphs. A directed graph is a structure consisting of a set of vertices and a set of directed edges (arcs). This allows for the modeling of asymmetrical relationships between elements within the system. It should be noted that each pair of vertices can be connected by no more than one arc in a single direction, which ensures clear orientation without bidirectional links. The weight (importance) of the prepress processing factors for newspaper and magazine publications is determined based on the mathematical modeling of hierarchies, which accounts for the type and direction of the connection. The feature of this method is the combination of qualitative expert analysis with quantitative mathematical interpretation using an accessibility matrix. The influence of these factors on the quality of the process is demonstrated through hierarchical priority models. The study also plans the design of the most optimal variants for prepress processing of newspaper and magazine publications. The designed alternatives are denoted as $A(i)_1$, $A(i)_2$, $A(i)_3$, where i indicates the factor number, and the subscripts denote possible variants of technological or design solutions that affect the publication's preparation quality. The selection of the best option is performed using the linear convolution of criteria method, which involves comparing alternatives while considering the factor weights. The subsequent step involves the formation of fuzzy knowledge bases and logical equations, and the determination of the predictive quality index. The construction of a system of fuzzy rules allows for the mapping of real-world patterns of quality change depending on the combination of input factors. Fuzzy sets are utilized to represent linguistic variables describing the level of influence of individual parameters (e.g., low, medium, high). Based on the knowledge base, a fuzzy inference mechanism is formed, which, during calculations, allows for the derivation of a generalized (integral) predictive quality index for the prepress processing. The concluding stage of the research is the creation of an information technology for the predictive quality assessment of prepress processing in newspaper and magazine publications [5].

Conclusions

A predictive quality assessment model for the prepress processing of newspaper and magazine publications has been developed. The model comprises the following key components: a set of quality factors, graphs of interdependencies and factor priority models, a set of alternative technological and design solutions, a fuzzy system, and an information technology for assessing the quality of prepress processing in newspaper and magazine publications.

References

1. Liu M., Konya I., Nandzik J. et al. A new quality assessment and improvement system for print media. EURASIP J. Adv. Signal Process, 2012, 109.

2. Adams K. M., Hester P. T., Bradley J. M., Meyers T. J., Keating C. B. Systems theory as the foundation for understanding systems. Systems Engineering, 2014, 17(1). P. 112–123.

3. Wang K. Q., Tong S. R., Roucoules L., Eynard B.Analysis of data quality and information quality problems in digital manufacturing. 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, Bangkok, Thailand, 2008. P. 439–443.

4. Javadi S., Chirumalla K. Leveraging advanced digital technology practices to enhance information quality in low-volume product introduction and manufacturing. Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures. APMS 2023. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2023, vol. 689.

5. Durnyak B., Senkivskyy V., Pikh I., Kudriashova A. Modelling of post-printing processes and book interest level. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2024. Vol. 219 : Lecture notes in data engineering, computational intelligence, and decision-making. Vol. 1 : proceedings of ISDMCI 2024. P. 3–27.

УДК 330:004.8

Богашко І. О.,
студентка 3 курсу
спеціальності 035 «Філологія»
ОПП «Англійська мова і зарубіжна література та друга мова»

Богашко О. Л.,
канд. екон. наук, доцент кафедри маркетингу, менеджменту та управління бізнесом

ЛІНГВІСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЧНОМУ АНАЛІЗІ: ВІД ОБРОБКИ ТЕКСТІВ ДО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Україна
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Україна

Постановка проблеми. Швидке зростання обсягів текстових даних, що впливають на економічні рішення, зумовлює потребу у розробленні нових методичних підходів до їх обробки та інтерпретації. Традиційні економетричні моделі не враховують семантичної структури інформаційних потоків, унаслідок чого значна частина потенційно цінних даних залишається поза межами аналізу. Відсутність інтегрованих інструментів, здатних перетворювати лінгвістичні характеристики текстів на формалізовані економічні індикатори, створює розрив між інформаційним середовищем та процесами прийняття рішень. Це зумовлює необхідність комплексного дослідження можливостей лінгвістичних технологій у підвищенні точності економічних прогнозів і формуванні ефективних аналітичних систем.

Актуальність дослідження. У сучасній економічній аналітиці зростає потреба у використанні неструктурованих даних, насамперед текстової інформації, яка у значних обсягах надходить із новинних ресурсів, фінансових звітів, аналітичних коментарів та соціальних медіа. Класичні економетричні моделі, що ґрунтуються на кількісних показниках, дедалі менше охоплюють повну картину економічних процесів, тоді як текстові дані відображають інтерпретації, очікування та настрої різних економічних агентів. Використання лінгвістичних технологій, зокрема методів обробки природної мови, дозволяє виявляти латентні ознаки економічної динаміки, фіксувати зміни у фінансових настроях та оперативно реагувати на інформаційні сигнали. У цьому контексті NLP постає як важливий компонент сучасного інструментарію прийняття рішень, що істотно підвищує точність прогнозів і гнучкість аналітичних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій науковій літературі простежується інтенсивне накопичення досліджень, присвячених інтеграції лінгвістичного аналізу та економічного прогнозування. Зокрема, у роботі Л. Барбалья, С. Конзолі, С. Манцан [1] показано, що використання тонального та аспектного аналізу в новинних потоках суттєво підвищує точність прогнозування макроекономічних трендів, причому sentiment-індикатори нерідко випереджають традиційні статистичні індикатори. Аналогічно М. Хуанг, Р. Рохас, П. Конвері [2] продемонстрували, що індекси новинного сентименту можуть слугувати випереджувальними індикаторами рецесій. Інший важливий напрям становлять дослідження репрезентаційних моделей, наприклад, автоенкодерів, які дозволяють стискати великі текстові корпуси до інформативних низьковимірних векторів; такий підхід довів свою ефективність у макрофінансових застосуваннях. Паралельно розвивається напрям створення спеціалізованих корпусів, зокрема SEntFiN 1.0, який фокусує увагу на аналізі сентименту щодо конкретних фінансових сутностей [3]. В академічному просторі України та суміжних країн увага приділяється методам text mining, включно з класифікацією документів, виділенням ключових слів та побудовою семантичних мереж, що підтверджує актуальність міждисциплінарних досліджень.

Мета статті. Метою статті є системний аналіз ролі лінгвістичних технологій у сучасному економічному аналізі, окреслення потенціалу методів NLP у прогнозуванні макроекономічних змін

та обґрунтування доцільності їх інтеграції в аналітичні системи прийняття рішень. Дослідження спрямоване на вивчення як теоретичних засад застосування лінгвістичних методів, так і їх практичних переваг порівняно з традиційними економетричними інструментами.

Виклад основного матеріалу. Методи аналізу природної мови, що застосовуються в економічних дослідженнях, охоплюють широкий спектр технологій – від класичних статистичних підходів до глибинних нейронних моделей. Центральне місце посідає сентимент-аналіз, який дає змогу виявляти тональність економічних повідомлень та оцінювати вплив інформаційних потоків на поведінку ринкових агентів. Розширенням цього підходу є аспектно-орієнтований аналіз, що забезпечує детальнішу оцінку тональності щодо конкретних економічних індикаторів та політичних рішень. Паралельно з цими методами активно застосовуються алгоритми тематичного моделювання, які дають змогу виявляти домінантні теми у великих текстових корпусах, оцінювати рівень невизначеності та риторичні зрушення у публічних заявах органів економічної політики. Особливе місце посідають глибинні нейронні архітектури, насамперед автоенкодери та моделі створення текстових ембедингів, які дають змогу стискати великі масиви неструктурованої інформації до інформативних низьковимірних репрезентацій, що підвищує ефективність подальших прогнозних моделей.

Для систематизації ключових характеристик основних лінгвістичних технологій, застосовуваних у сучасному економічному аналізі, доцільно порівняти їх за алгоритмічними особливостями, типами економічних задач, вихідними індикаторами, перевагами та потенційними ризиками. Таке порівняння подано в таблиці нижче, що дозволяє усвідомити наукові механізми формування лінгвістичних індикаторів та їх аналітичний потенціал.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики основних лінгвістичних технологій у економічному аналізі

Метод / Технологія	Алгоритмічна основа	Типи економічних задач	Вихідні показники	Переваги	Обмеження та ризики
Сентимент-аналіз (SA)	Лексиконні моделі; SVM; трансформери (BERT, FinBERT)	Оцінка тональності новин; передбачення волатильності; ідентифікація ринкових настроїв	Сентимент-скор (–1; 0; +1); індекси оптимізму/песимізму	Висока ефективність у nowcasting; чутливість до інформаційних шоків	Чутливість до сарказму та іронії; ризик хибної поляризації
Aspect-Based Sentiment Analysis (ABSA)	Нейронні моделі з механізмом уваги	Аналіз політики центральних банків; оцінка окремих макропоказників; оцінка ризиків	Сентимент за аспектами; профіль аспектних реакцій	Підвищена точність міжтематичного аналізу	Потреба у великих спеціалізованих корпусах; висока обчислювальна складність
Topic Modeling (TM)	LDA, HDP, Neural Topic Models	Виявлення інформаційних трендів; аналіз риторики ЦБ; оцінка рівня невизначеності	Теми з імовірнісними розподілами; індекси тематичної волатильності	Висока пояснюваність; можливість виявлення латентних сигналів	Чутливість до вибору кількості тем; нестабільність на малих корпусах
Автоенкодери та текстові репрезентації (AE / Embeddings)	Глибинні нейронні архітектури; Variational Autoencoders; Sentence Embeddings	Прогнозування ВВП; оцінка невизначеності; виявлення структурних зрушень	Низьковимірні вектори; інтегральні інформаційні індикатори	Висока прогнозна сила; можливість стискання великих масивів текстів	Обмежена інтерпретованість; ризик переобучення; необхідність великих даних

Джерело: розроблено автором на основі [1-4]

Порівняння свідчить, що жоден із методів не є універсальним: кожен з них вирішує окремий клас економічних задач і має власні сильні та слабкі сторони. Наприклад, сентимент-аналіз є надзвичайно корисним для оперативного відстеження ринкових настроїв, тоді як тематичне моделювання краще підходить для аналізу тривалих структурних змін та інформаційної волатильності. Глибинні ембединг-моделі, попри обмежену інтерпретованість, демонструють найвищі результати у прогнозуванні макроекономічних показників. Таким чином, комплексне використання різних методів NLP дозволяє отримувати багатовимірні індикатори, що значно підвищують точність прогнозів і якість прийняття рішень.

Висновки. Лінгвістичні технології займають дедалі важливіше місце в системі економічного аналізу, забезпечуючи можливість включення в моделі прогнозування великого масиву текстових даних, які відображають інформаційні очікування та реакції учасників ринку. Методи сентимент-аналізу, тематичного моделювання та глибинного навчання дозволяють суттєво підвищити точність прогнозів і посилити інформативність аналітичних індексів. Попри певні обмеження, пов'язані з якістю даних та інтерпретованістю моделей, інтеграція NLP у економетричні дослідження має значний потенціал і може сприяти формуванню більш чутливих і гнучких систем прийняття рішень. Перспективами подальших досліджень є підвищення точності мовних моделей для роботи з економічними текстами, розроблення багатомовних корпусів та стандартизація підходів до вимірювання інформаційних індикаторів.

Перелік джерел посилання

1. Barbaglia, L., Consoli, S., & Manzan, S. (2022). Forecasting with economic news. arXiv:2203.15686. https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.15686

2. Huang, M., Rojas, R., & Convery, P. (2018). News sentiment as leading indicators for recessions. arXiv:1805.04160. https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.04160

3. Sinha, A., Kedas, S., Kumar, R., & Malo, P. (2023). SEntFiN 1.0: Entity-aware sentiment analysis for financial news. arXiv:2305.12257. https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.12257

4. Groß-Klußmann, A. (2024). Learning deep news sentiment representations for macro-finance. Digital Finance, 6(3), 341–377. https://doi.org/10.1007/s42521-024-00107-2

УДК 004.8:37.091:811.111

Борейчук М. П.,
студент 2 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Михайлова І. Ю.,
к.т.н, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ОЗВУЧЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИКТАНТІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

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

Постановка проблеми

Вивчення іноземних мов є ключовим завданням сучасної освіти. Традиційні диктанти ефективні для розвитку аудіювання й правопису, але мають обмеження: потребують присутності викладача, не враховують індивідуальні особливості учнів і вимагають багато часу на створення матеріалів різного рівня складності.

Сучасні технології ШІ – LLM і TTS – відкривають можливість автоматизувати цей процес. Наявні рішення або не використовують потенціал AI повністю, або є дорогими й малодоступними.

Більшість мобільних застосунків зосереджені на вивченні слів, але недостатньо розвивають сприйняття зв'язного мовлення.

Тому актуально створити доступний мобільний додаток, який поєднує персоналізовану генерацію диктантів за допомогою AI, автоматичне оцінювання та зручний інтерфейс для самостійного навчання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Штучний інтелект активно впроваджується в освітні технології. Архітектура Transformer [1] стала основою сучасних мовних моделей, а Google у своїй документації [2] рекомендує для Android застосовувати MVI та Jetpack Compose.

Для роботи з AI проаналізовано можливості провайдерів Groq [3] і Google AI [4]. Стандарт CEFR [5] задає рівні A1– C2 для структурування навчального матеріалу. Алгоритм Левенштейна [6] залишається класичним підходом для оцінки точності введеного тексту. ML Kit [7] забезпечує мобільне OCR, а Pydantic AI [8] – типобезпечну взаємодію з AI моделями.

Попри розвиток технологій, комплексних рішень, що поєднують генерацію контенту, TTS, OCR і розумне оцінювання в одному мобільному застосунку, практично немає. Це підкреслює необхідність створення інтегрованої системи для навчання англійської мови через диктанти.

Постановка задачі

Метою роботи є створення Android-додатку для автоматизованого вивчення англійської мови через диктанти з використанням AI; для цього потрібно спроєктувати архітектуру на AWS Lambda, проаналізувати моделі генерації тексту та синтезу мовлення, розробити алгоритм диктантів для рівнів CEFR (A1– C2) з двома варіантами аудіо, створити модифікований алгоритм оцінювання точності на основі відстані Левенштейна, реалізувати розпізнавання тексту з камери, забезпечити офлайн-кешування та провести тестування системи.

Виклад основного матеріалу

Розроблена система має три основні рівні:

1. клієнтський, що забезпечує мобільний інтерфейс користувача; реалізований на Kotlin з використанням Jetpack Compose;

2. серверний, де виконується генерація контенту з використанням AI моделей; побудований на AWS Lambda з Python та AsyncIO;

3. сховище даних: Room Database для локального кешування, Cloudflare R2 для аудіофайлів, REST API для синхронізації.

Проведено порівняльний аналіз AI моделей за критеріями швидкості, якості, вартості та підтримки CEFR. Обрано Groq для генерації (8-12 сек, $0.05/1M токенів) та Google Gemini TTS для озвучення (9/10 природності, відмінне керування інтонацією).

Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння AI моделей для генерації та озвучення диктантів

Критерій	Groq (Llama 4)	OpenAI GPT-4	Google Gemini	Anthropic Claude
Швидкість відповіді	8-12 с	15-25 с	12-18 с	18-30 с
Вартість (1M токенів)	$0.05	$10.00	$0.50	$8.00
Обмеження запитів	30 зап/хв	10 зап/хв	60 зап/хв	20 зап/хв
TTS природність	9/10	8/10	7/10	10/10
TTS вартість (1M символів)	$15.00	$15.00	$4.00	$30.00

Як видно з таблиці 1, використання Groq (Llama 4 Scout) забезпечує найшвидшу генерацію текстів та найнижчу вартість серед розглянутих варіантів, що критично важливо для одночасної генерації диктантів для шести рівнів CEFR. Google Gemini TTS демонструє оптимальне співвідношення природності мовлення та вартості синтезу, забезпечуючи високу якість аудіофайлів при прийнятних експлуатаційних витратах.

На рисунку 1 подано графік багатокритеріального порівняння AI моделей для генерації та озвучення диктантів.

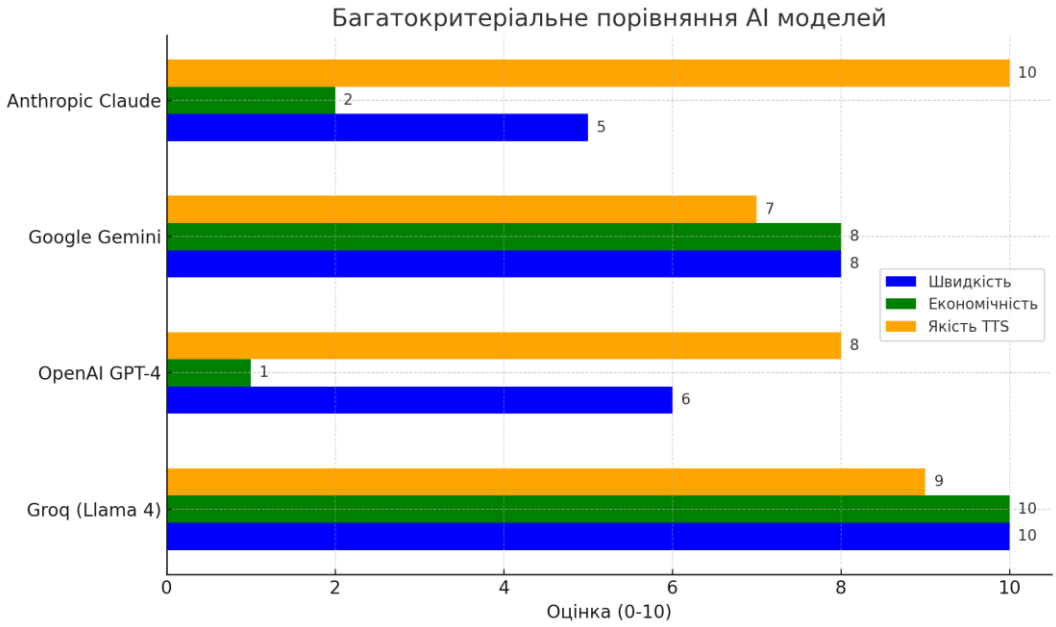


Рисунок 1 – Багатокритеріальне порівняння AI моделей

Графік демонструє, що Groq (Llama 4) досягає максимальних показників у двох з трьох категорій (швидкість – 10/10, економічність – 10/10) та високого рівня якості TTS (9/10). OpenAI GPT-4 показує середню швидкість (6/10) та найнижчу економічність (1/10) через високу вартість використання. Google Gemini забезпечує збалансоване співвідношення усіх метрик (швидкість – 8/10, економічність – 8/10, якість TTS – 7/10). Anthropic Claude демонструє найвищу якість TTS (10/10), але значно поступається за швидкістю (5/10) та економічністю (2/10).

Висновки

Розроблено мобільний додаток для Android, який використовує AI технології для автоматизованого навчання англійської мови через диктанти з підтримкою рівнів CEFR (A1-C2). Порівняльний аналіз дозволив обрати оптимальне поєднання Groq Llama 4 Scout для генерації текстів та Google Gemini 2.5 Pro TTS для синтезу мовлення, що забезпечує час генерації 20-30 секунд та зниження вартості на 95% порівняно з OpenAI GPT-4. Модифікований алгоритм Левенштейна з диференційованою системою вартості операцій забезпечує об'єктивне оцінювання результатів з урахуванням типових помилок.

Система забезпечує offline-доступ, розпізнавання рукописного тексту (точність 85-90%) та детальний аналіз помилок. Перспективи розвитку включають голосове введення, адаптивний алгоритм складності та геміфікацію.

Перелік джерел посилання

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems : матеріали конференції. – 2017. – Vol. 30. – P. 5998-6008.

2. Android Developers Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://developer.android.com/ (дата звернення 14.10.2025).

3. Groq API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://console.groq.com/docs (дата звернення 15.10.2025).

4. Google AI for Developers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ai.google.dev/ (дата звернення 16.10.2025).

5. Common European Framework of Reference for Languages (CEFR) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.coe.int/en/web/common-european-framework-reference-languages (дата звернення 16.10.2025).

6. Levenshtein V.I. Levenshtein Distance Algorithm. Soviet Physics Doklady. – 1966. – Vol. 10. – P. 707-710.
7. ML Kit Text Recognition [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://developers.google.com/ml-kit/vision/text-recognition (дата звернення 17.10.2025).
8. Pydantic AI Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ai.pydantic.dev/ (дата звернення 17.10.2025).

УДК 78.147:004:33

Вальковець А. С.
старший викладач
кафедри економіки та управління бізнесом

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ТА РОБОТІ ЕКОНОМІСТІВ

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Постановка проблеми

У сучасному світі цифровізації та глобалізації роль інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у професійній діяльності економістів стрімко зростає. Ринок праці вимагає від фахівців високого рівня володіння сучасними технологіями, здатності працювати з великими обсягами даних, аналізувати їх та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Проблема полягає в тому, що традиційні підходи до підготовки економістів не завжди враховують потребу в інтеграції ІКТ у навчальний процес та практичну діяльність. Тому актуальним є питання удосконалення професійної підготовки економістів через активне використання ІКТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми впровадження ІКТ у професійну освіту економістів досліджували багато українських науковців. Так, у працях Н. Морзе та О. Барної [1] розглянуто дидактичні засади впровадження цифрових технологій у навчальний процес вищої школи. С. Клепко [2] наголошує на необхідності формування інформаційно-комунікаційної компетентності як ключової складової професійного розвитку сучасного фахівця.

Дослідження Т. Бурлакової [3] присвячене питанням цифровізації економічного освіти в контексті реформування української системи вищого освіти. Також О. Бондаренко [4] зазначає, що використання ІКТ у процесі підготовки економістів сприяє розвитку аналітичного мислення, уміння працювати з економічними моделями та інтерпретувати статистичні дані.

Отже, сучасні науковці акцентують увагу на необхідності інтеграції ІКТ у процес підготовки майбутніх економістів як одного з головних факторів підвищення якості освіти.

Постановка задачі

Метою статті є обґрунтування ролі інформаційно-комунікаційних технологій у професійній підготовці та практичній діяльності економістів, визначення основних напрямів їх застосування, а також узагальнення переваг використання ІКТ для підвищення ефективності освітнього процесу та професійної роботи фахівців економічного профілю.

Виклад основного матеріалу

Інформаційно-комунікаційні технології відіграють важливу роль у професійній підготовці економістів. Завдяки ІКТ майбутні фахівці можуть вивчати актуальні тенденції економічного розвитку, аналізувати дані, робити прогнози та набувати навичок роботи із сучасними інформаційними системами.

В освітньому процесі активно використовують онлайн-курси, вебінари, віртуальні лабораторії, системи електронного навчання (наприклад, Moodle), а також спеціалізовані програмні засоби для аналізу даних та моделювання економічних процесів. Це дозволяє студентам працювати в інтерактивній середовищі, розвивати критичне мислення та навички самостійного навчання.

Основні інформаційно-комунікаційні технології, що використовуються економістами у професійній діяльності, включають:

Електронні таблиці (Microsoft Excel, Google Sheets) — для обробки та аналізу даних, побудови графіків, моделювання економічних процесів. Вони дозволяють ефективно працювати з великими масивами інформації та створювати наочні візуалізації результатів.

Спеціалізоване програмне забезпечення для статистичного аналізу (SPSS, Stata, R, Python) — використовується для економетричних досліджень, побудови та тестування моделей, прогнозування тенденцій на основі великих наборів даних.

Бази даних - інструмент для зберігання, організації та пошуку економічної інформації. Вони дозволяють економістам проводити порівняльний аналіз, відслідковувати зміни у макро- та мікроекономічних показниках.

Електронні ресурси (World Bank Data, IMF Data, OECD.Stat, Євростат, Bloomberg Terminal) – забезпечують доступ до актуальної статистичної та аналітичної інформації, необхідної для прийняття економічних рішень.

Комунікаційні платформи (електронна пошта, Zoom, Microsoft Teams, Google Meet) – сприяють дистанційній роботі, ефективній взаємодії з колегами, клієнтами та партнерами.

Використання ІКТ дозволяє автоматизувати рутинні процеси, підвищувати точність розрахунків, оптимізувати аналітичну діяльність та покращувати комунікацію у межах професійної середовища.

Таким чином, ІКТ є не лише інструментом підвищення ефективності роботи економістів, а й необхідною умовою їхньої конкурентоспроможності на сучасному ринку праці.

Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у підготовку та роботу економістів є важливим фактором модернізації освітнього процесу та підвищення якості професійної діяльності. ІКТ сприяють формуванню у студентів навичок аналітичного мислення, уміння працювати з великими обсягами даних, приймати обґрунтовані рішення на основі цифрових інструментів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методичних рекомендацій щодо інтеграції ІКТ у підготовку економістів, а також створення електронних освітніх середовищ, що сприяють розвитку професійних компетентностей майбутніх фахівців.

Перелік джерел посилання

1. Морзе, Н. Ст, Барна, О. Ст (2021). Інформаційно-комунікаційні технології у вищій освіті: теорія та практика використання. Київ: КНЕУ.
2. Клепко, С. Ф. (2020). Цифрова компетентність викладача та студента у системі вищого освіти. Освіта та розвиток обдарованої особистості, №9(80), с. 34–39.
3. Бурлакова, Т. Ст (2022). Цифровізація економічного освіти: виклики та перспективи. Економіка та суспільство, №40, с. 78–84.
4. Бондаренко, О. В. (2023). Розвиток ІКТ-компетентностей майбутніх економістів у процесі професійної підготовки. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Економічні науки, №5(1421), с. 45–51.

УДК 004

Волков В. О.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія»

Іванчук О. В.,
доктор філософії, асистент кафедри комп'ютерних систем та мереж

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБМІНУ ДАНИМИ У АРХІТЕКТУРІ МІКРОСЕРВІСІВ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Розповсюдження хмарних технологій та їх розбиття на окремі сервіси створив проблему обміну даними між мікросервісами та/або серверами, де розміщенні мікросервіси. Для взаємодії використовуються різні види протоколів, кожен з яких має свої методи взаємодії та представлення даних, що викликає обмеження та можливості їх застосування в різних сценаріях міжсерверної взаємодії. Вибір підходящого протоколу вимагає аналізу методів взаємодії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботі [1] проведено аналіз обміну даними через синхронізацію баз даних. Це дослідження не дозволяє порівняти методи обміну даними, оскільки не представлені інші методи.

Постановка задачі

Проаналізувати актуальні методи обміну даними у архітектурі мікросервісів.

Виклад основного матеріалу

Міжсерверна комунікація між сервісами є критичним аспектом архітектури мікросервісів. Класифікація виконується наступним чином:

Синхронна комунікація: У синхронній комунікації мікросервіс надсилає запит до іншого мікросервісу та очікує відповіді, перш ніж продовжити.

Коли кілька мікросервісів синхронно взаємодіють, вони зрештою виконують взаємодії послідовно. Це означає, що остаточна відповідь має надійти після завершення всіх інших кроків.

Асинхронна комунікація передбачає, що один мікросервіс надсилає повідомлення до іншого мікросервісу, не чекаючи негайної відповіді. Цей підхід часто використовується для роз'єднання служб та забезпечення кращої масштабованості та відмовостійкості.

Файловий обмін - спосіб інтеграції, при якому дані між системами передаються у вигляді файлів: система-джерело розміщує на файловому сервері файли, а система-приймач забирає їх з файлового сервера і використовує для своїх потреб.

Для файлового обміну можна використовувати будь-які види файлів: текстові, табличні, CSV, JSON та інші. Досить часто використовується формат JSON: він добре підходить для інтеграцій, тому що має універсальну структуру та підтримує створення схем для валідації документа.

Загальна база даних (БД) — спосіб інтеграції мікросервісів, у якому різні системи звертаються до одного сховищу даних.

В залежності від вимог підключення до бази даних може виконувати різними методами. Нативне підключення до БД з програми, коли у коді прописується сервер і хост БД, облікові дані користувача, під яким здійснюється доступ. На практиці так роблять рідко, тому що при міграції на інші сховища можуть знадобитися суттєві зміни по всьому коду програми. Інший метод це підключення до БД через DBC (Database Connectivity) API – інтерфейс для підключення та виконання запитів до бази даних. Буває двох видів: JDBC – специфічний для мови програмування Java та ODBC – універсальний інтерфейс від Microsoft.

Підхід, при якому зовнішні ІС мають прямий доступ на читання та запис до всіх таблиць у загальній БД на практиці практично не застосовується, тому що не є безпечним. Найчастіше доступ зовнішніх ІС дається не до самих таблиць, а до певного інтерфейсу взаємодії з ними.

Дистанційний виклик процедур — це спосіб інтеграції ІС, у якому клієнт віддалено викликає функцію чи процедуру на сервері за певним протоколом (набором правил). Сервер у свою чергу виконує якийсь процес або формує набір даних та передає відповідь клієнту.

Для цього застосовується API (Application Programming Interface, програмний інтерфейс програми) — набір правил, якими послуги та програми взаємодіють друг з одним.

Незважаючи на те, що спочатку «Дистанційний виклик процедур» – було найменування конкретної прикладної технології RPC (Remote Call Procedure), під цим терміном поєднуються різні технології та підходи:

- RPC - Remote Procedure Call;
- SOAP — Simple Object Access Protocol
- REST - Representational State Transfer
- GraphQL - Graph Query Language
- gRPC — Google Remote Procedure Calling

Висновки

Оптимальним для застосування є метод віддалених викликів, оскільки він має менше недоліків на фоні інших: точки відмови або зручність користування. Також є можливість застосування єдиного стандарту, що дозволяє швидше і простіше інтегрувати нові сервіси.

Перелік джерел посилання

1. Smid Antonin, Wang Ruolin, Černý, Tom. Case study on data communication in microservice architecture. 2019. pp. 261-267. DOI: 10.1145/3338840.3355659.

2. Sanjay Singh. Shared Database Pattern in Microservices Architecture. 2024. URL: https://saannjaay.medium.com/shared-database-pattern-in-microservices-architecture-8b8da0c1875a (дата звернення: 22.11.2025 р.)

3. Denat Hoxha. Sharing Data Between Microservices. 2022. URL: https://medium.com/@denhox/sharing-data-between-microservices-fe7fb9471208 (дата звернення: 22.11.2025 р.)

4. Mylsamy Sekar, Shrivastav Er. API Design and Integration in a Microservices Environment. International Journal for Research Publication and Seminars. Volume: 16. 2025. pp. 409-419. DOI: 10.36676/jrps.v16.i1.205

УДК 004.89

Волощук М. В.,
студентка 2 курсу
спеціальності "Інженерія програмного забезпечення"
ОПП «Розробка програмного забезпечення»

Солдатова В. Ю.,
викладач вищої кваліфікаційної категорії

ПЛАТФОРМА "EDPUZZLE AI" ТА ЇЇ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ НАВЧАННЯ

Слов'янський фаховий коледж Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Сучасний освітній процес все більш активно переходить у цифрове середовище, що вимагає використання інструментів, які забезпечують високу якість подання матеріалу та ефективне залучення здобувачів освіти. Традиційні форми навчання часто не враховують індивідуальних темпів роботи та особливостей сприйняття інформації здобувачами освіти. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є інтеграція інтерактивних технологій, які поєднують мультимедійні ресурси, штучний інтелект та аналітичні механізми. У цьому контексті платформа Edpuzzle AI розглядається як сучасний інструмент, здатний підвищити ефективність навчального процесу.

За останні роки цифрові освітні платформи стали об’єктом численних наукових досліджень. У працях зарубіжних та українських авторів наголошується на зростанні ролі візуального відеоконтенту в навчанні, оскільки він сприяє кращому засвоєнню матеріалу та підвищує мотивацію студентів. Дослідження в галузі освітніх технологій підкреслюють ефективність платформ, що використовують інтерактивні елементи, тестові завдання та аналіз даних. Окрему увагу освітяни приділяють застосуванню штучного інтелекту в освіті, що дозволяє автоматизувати створення навчальних матеріалів, адаптувати їх до рівня студентів та оцінювати засвоєння інформації.

Платформа Edpuzzle згадується у публікаціях освітян як один із зручних та інтуїтивних інструментів для перетворення відео в інтерактивні уроки, що підтверджує її актуальність у сучасній педагогічній практиці.

Попри наявність значної кількості цифрових ресурсів, залишається проблема недостатнього рівня інтерактивності навчання, особливо у дистанційній формі. Не всі платформи забезпечують можливість ефективного зворотного зв’язку, детального аналізу навчальної діяльності студентів та індивідуалізації навчальних траєкторій. Також потребують подальшого розвитку технології, що дозволяють викладачам швидко створювати якісний контент без суттєвих витрат часу. Таким чином, постає питання пошуку інструменту, здатного поєднати мультимедійну подачу, штучний інтелект і аналітичні можливості.

Мета нашого дослідження — проаналізувати функціональні можливості платформи Edpuzzle AI та визначити її значення для підвищення ефективності навчального процесу.

Платформа Edpuzzle AI є інноваційним інструментом, що дозволяє створювати інтерактивні відеоуроки, використовуючи можливості штучного інтелекту. Структурними елементами роботи платформи є завантаження або імпорт відео, додавання запитань, створення тестів та нотаток безпосередньо у відеоряді. Завдяки інтегрованому ШІ викладач може автоматично генерувати запитання, короткі описи або конспекти, що значно скорочує час підготовки уроків. На рисунку 1 представлене меню платформи із переліком основних задач, що можна виконати.

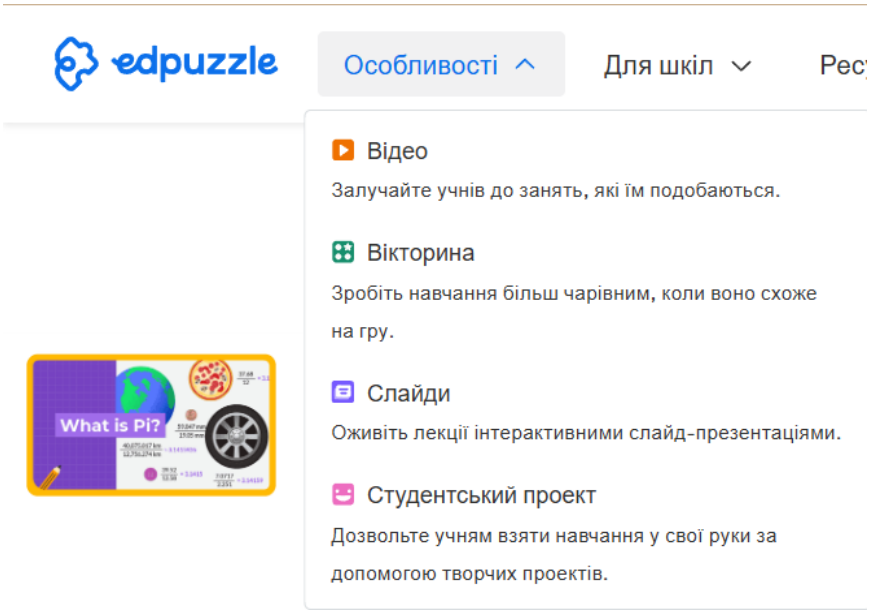


Рисунок 1. Меню платформи

Для студентів платформа забезпечує активне залучення в навчальний процес. Інтерактивні питання, вбудовані у відео, сприяють розвитку уваги, критичного мислення та самостійності. Можливість зупиняти відео, повертатися до складних фрагментів та переглядати матеріал у власному темпі створює сприятливі умови для індивідуалізованого навчання. Крім того, Edpuzzle AI надає миттєвий зворотний зв’язок, що дозволяє студентам одразу оцінювати власні знання.

Викладачі отримують доступ до інструментів аналітики: система показує, хто зі студентів переглянув відео, на яких питаннях були допущені помилки та скільки часу кожен здобувач освіти витратив на виконання завдання. Така інформація є надзвичайно корисною для формування

подальшої педагогічної стратегії, а також для корекції навчальних матеріалів. На рисунку 2 відображено вікно статистики та аналітики.

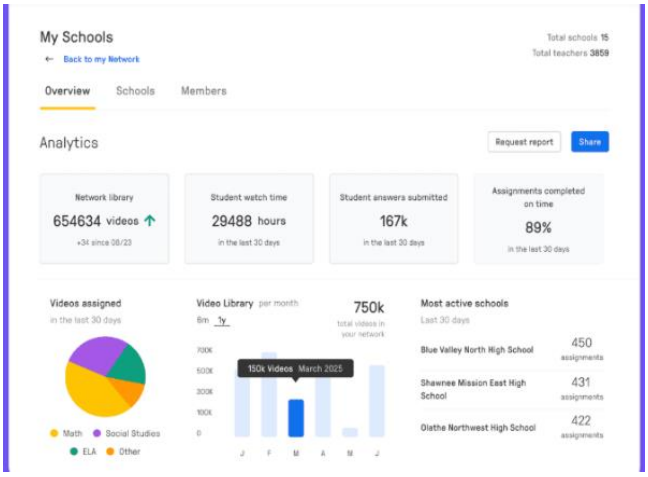


Рисунок 2. Аналітична сторінка викладача в системі Edpuzzle

Крім того, Edpuzzle AI ідеально підходить для реалізації моделей дистанційного, змішаного навчання та формату "перевернутого класу". Викладачі можуть використовувати платформу для домашніх завдань, адаптивних тестів, індивідуальних консультацій та оцінювання знань.

Платформа створена для:

• Покращення якості навчальних матеріалів, зокрема відеоуроків.
• Активізації участі студентів у процесі навчання.
• Оцінювання засвоєння матеріалу у форматі інтерактивних тестів.
• Автоматизації роботи викладача під час створення уроків.
• Підтримки дистанційного та змішаного навчання.

Матеріали з платформи легко інтегруються в найпоширеніші програми для навчання. На рисунку 3 представлено варіанти додатків і програм, куди можна легко інтегрувати створений на платформі контент.

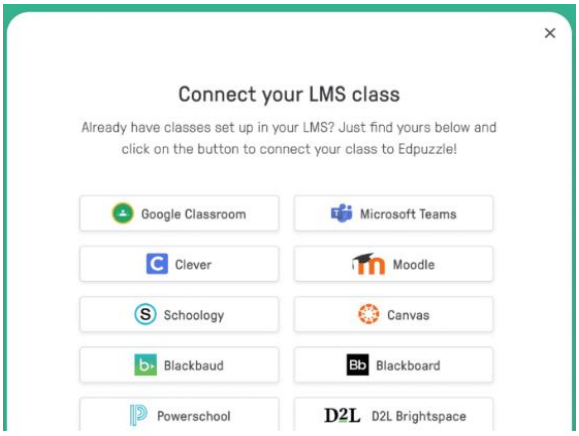


Рисунок 3. Програми і додатки, в які можна інтегрувати створений навчальний контент

Підсумовуючи, можна сказати, що платформа Edpuzzle AI є потужним сучасним інструментом, що поєднує відеонавчання та можливості штучного інтелекту. Вона надає студентам можливість навчатися цікаво, зручно та результативно, а викладачам — створювати якісні заняття з мінімальними затратами часу. Такий ресурс є незамінним у сучасному освітньому процесі, особливо за умов дистанційного навчання та впровадження інноваційних методів викладання.

Перелік джерел посилання

1. Дінчева Ю. Сучасна освіта. Використовуємо ШІ на заняттях. Електронний ресурс. Режим доступу: https://denzadnem.com.ua/shepetivshhyna/osvita/2221972

2. Колдовський В. Використовуємо ChatGPT у навчанні та роботі в IT: практичні поради з власного досвіду Електронний ресурс. Режим доступу: https://career.softserveinc.com/uk-ua/stories/using-chatgpt-in-education-and-work-in-it-practical-tips-from-our-own-experience
3. Довідкова служба сайту https://edpuzzle.com/

УДК 004.75+004.72

Геллер В. Г.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Козел В. М.,
к.т.н, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

ДОСЛІДЖЕННЯ РУШІЯ LUANTI ТА ВІДМІННОСТІ СХОЖИХ 3D-РУШІЇВ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Спостерігаючи за тенденціями розвитку програмування: популярних методів, завдяки яким вдається створювати великі та складні проєкти; мов програмування — сучасних та перших із можливих у використанні, на яких пишуть усе: починаючи з обгорток сайтів і до самостійних програм керування космічним роботом, — у час, коли комп'ютерні технології є як об'єктом мистецтва, так і інструментом війни, зброєю, проєкти вільного відкритого коду загалом залишаються тестовими, експериментами, що не призначені для серйозного використання. Предметами дослідження, як різновидами комп'ютерних 3D-рушіїв, що мають мультиплатформні можливості, я обираю такі проєкти, як Luanti (Minetest-c55) та Irrlicht. Також для прикладу та задля порівняння можуть бути використані такі програми, як рушій Unity та гра Minecraft.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У процесі роботи було проведено аналіз наукових статей, журналів, документацій для роботи з рушіями, а також сайтів і форумів, присвячених розробці та поширенню програм. Було досліджено структуру коду рушіїв, їхню взаємодію з ресурсами створення програм на основі цих рушіїв, систематизовано власний досвід роботи з ними та програмами на їхній основі, а також сформовано звіти щодо впливу рушіїв і програм на суспільство крізь призму соціоекономічних факторів. Особлива увага приділялася рушіям із вільним та відкритим кодом, таким як Irrlicht та Luanti..

Постановка задачі

Метою дослідження є визначення переваг і недоліків рушія Luanti порівняно зі схожими програмами, окреслення наукових перспектив у сфері вільного програмного забезпечення, прогноз подальшого розвитку та аналіз можливого впливу на різні сфери життя.

Виклад основного матеріалу

У тему цієї роботи наведу відповідний приклад: 3D-рушій із грою Luanti (раніше Minetest/minetest-c55) [1,2]. Даний рушій є форком (варіацією) рушія для роботи з 3D-графікою Irrlicht. Рушій Irrlicht є програмою з відкритим кодом із ліцензією Copyright © 2002–2010 Nikolaus Gebhardt, яка за складом нагадує LGPLv2. IrrlichtMT має дещо іншу ліцензію, але дуже схожу на оригінальну, з подібністю до ліцензій zlib/libpng.

Із тексту ліцензії випливає, що його використання дозволено у будь-яких цілях із бажаним згадуванням автора початкового коду. Рушій Luanti на даний момент написаний мовами C++ (~80%) та Lua (~9%) і підтримується більш ніж вісьмома сотнями розробників, які допомагають удосконалювати відкритий код.

Luanti використовує додаткові бібліотеки: zlib, libPNG, libJPEG, OpenGL (OpenGL ES для мобільних пристроїв), X11 та SDL2. Подальша розробка 3D-рушія Luanti дала можливість

створювати вільні проєкти, не обмежені авторським правом і з меншою можливістю легального контролю за самостійними розробками, вивченням коду та мов програмування C++ і Lua.

Окрім репозиторію на GitHub та власної інстанції GitLab, Luanti має офіційний сайт, блог спільноти, сайт документації та форум. Серед спільноти підтримки та розробки ігор, модифікацій для рушія й власників онлайн-серверів існують окремі сайти, спільноти підтримки та розробки коду, сумісного з рушієм, репозиторії та власні інстанції баз даних. Кожна така самостійна спільнота проводить власні дослідження щодо роботи рушія та його елементів, вносячи зміни й поліпшення у його функціонування.

На початку розвитку спільноти Minetest пропонувалося використовувати форум як основну форму спілкування. Проте згодом виявилося, що абсолютна більшість гравців та користувачів рушія користувалися іншими засобами комунікації — такими як Discord, месенджери на основі протоколів Matrix та XMPP, IRC та інші. Через це у спільноті відкритого коду посилилися дискусії щодо важливості використання месенджерів із відкритим кодом та розвитку цифрової грамотності серед людей загалом.

Попри те, що спільнота розробників Luanti та його користувачів не є великим комерційним проєктом, її вплив на суспільство є значним — як для відкритого ігрового рушія.

Для визначення кращого рушія використовувався метод аналізу ієрархій. Метод аналізу ієрархій (AHP) дозволяє формалізувати процес вибору найкращої альтернативи шляхом порівняння критеріїв у парних комбінаціях та подальшого розрахунку ваг.

Для визначення вагових коефіцієнтів буде створено таблицю 1:

Таблиця 1

Матриця вагових коефіцієнтів

Вагові коефіцієнти	продуктивність	доступність	користь
продуктивність	1	1/3	1/5
доступність	3	1	1/3
користь	5	3	1

Проведений розрахунок альтернатив за вказаними критеріями, у результаті чого було створено матриці з ваговими коефіцієнтами для кожного з рушіїв. Розрахунок зважених балів проводився за формулою 1:

$$\text{Зважений бал} = \sum(\text{вага критерію} \times \text{оцінка альтернативи}) \quad (1)$$

За проведеними розрахунками було виведено наступні показники оцінок:

Irrlicht: 1.381, Luanti: 3.607, Unity: 0.616.

Висновки

У роботі розглянуто різні рушії, проведено дослідження їхньої результативності, продуктивності, доступності та впливу на суспільство. На основі методу аналізу ієрархій здійснено розрахунок і отримано узагальнену оцінку переваг між рушіями за визначеними критеріями. Результати мають переважно теоретичний характер і можуть слугувати орієнтиром для програмістів та ентузіастів у створенні якісних програм, корисних для українського суспільства з меншим покладанням на корпорації.

Перелік джерел посилання

1. URL: https://www.luanti.org/ (дата звернення: 07.10.2025)

2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Luanti (дата звернення: 07.10.2025)

3. Sobota B., Pietriková E. The Role of Game Engines in Game Development and Teaching. Computer Science for Game Development and Game Development for Computer Science. IntechOpen, Aug. 18, 2023.

4. Doxygen 1.4.1, Irrlicht Engine Reference manual, 2008. URL: https://ia601505.us.archive.org/18/items/irrlicht_engine_14x/API-Manual-141.pdf(дата звернення: 04.11.2025)

УДК 004.42:004.738.5:004.056

Герга І. А.,
студент 2 курсу магістерського рівня вищої освіти ОПП «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ». F3 Комп'ютерні науки / 122 Комп'ютерні науки.

Січкарюк Р. К.,
магістр, кафедри Інформатики і комп'ютерних наук.

Корніловська Н. В.,
к.т.н., доцент кафедри Інформатики і комп'ютерних наук,

РОБОТА ПРОГРАМНИХ РЕЄСТРАТОРІВ РОЗРАХУНКОВИХ ОПЕРАЦІЙ ПІД ЧАС НЕСТАБІЛЬНОГО ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ІНТЕРНЕТУ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Анотація

Розвиток малого та середнього бізнесу є важливою складовою економічної стабільності держави, сприяє створенню робочих місць і забезпечує наповнення державного бюджету. Для забезпечення прозорості розрахункових операцій та запобігання тіньовій економіці держава поступово впроваджує інструменти контролю та цифровізації обліку.

З цією метою було прийнято низку нормативно-правових актів, зокрема Закон України «Про застосування реєстраторів розрахункових операцій у сфері торгівлі, громадського харчування та послуг» № 265/95-ВР [2], а також зміни, внесені Законом № 1017-IX від 1 грудня 2020 року, якими з 1 січня 2022 року передбачено обов'язкове застосування реєстраторів розрахункових операцій (РРО) або програмних РРО (ПРРО) для платників єдиного податку II–IV груп. Ці зміни започаткували етап повної фіскалізації бізнесу та підвищення прозорості грошових потоків у національній економіці [1].

Впровадження програмних РРО є важливим кроком до цифровізації обліку розрахункових операцій, проте водночас створює нові виклики для бізнесу, особливо в умовах нестабільного або відсутнього інтернет-підключення. Втрата зв'язку між програмним реєстратором і сервером податкової служби може призвести до затримки фіскалізації, дублювання або втрати чеків, що безпосередньо впливає на достовірність обліку та правову відповідальність суб'єкта господарювання.

Метою дослідження Метою дослідження є розгляд принципів роботи програмних реєстраторів розрахункових операцій у випадках технічних збоїв - зокрема, під час відключення електроенергії або втрати інтернет-з'єднання. У роботі проаналізовано механізми збереження та синхронізації даних, алгоритми відновлення фіскалізації після переривання зв'язку, а також визначено основні переваги та недоліки даного підходу. Особливу увагу приділено оцінці надійності таких систем в умовах нестабільної інфраструктури та можливим напрямам їх удосконалення.

На сьогодні в Україні функціонує значна кількість програмних систем фіскалізації, серед яких найбільш відомими є Checkbox, Вчасно.Каса, Cashalot, Сота Каса, Е-Чек, Simple RRO та інші. Незважаючи на відмінності у дизайні, вартості чи додаткових можливостях, усі вони працюють за єдиним технічним принципом, визначеним вимогами Державної податкової служби України.

Основна суть процесу полягає у фіскалізації кожного чеку шляхом формування спеціального пакета даних у форматі ФКЧ-1 (фіскальний касовий чек). У цьому пакеті містяться відомості про дату, час, суму операції, податкові ставки, найменування товарів або послуг, ідентифікатор касира, реєстраційні дані підприємства та унікальний номер програмного РРО [6].

Після формування чек підписується кваліфікованим електронним підписом суб'єкта господарювання або касира і надсилається через захищений канал зв'язку на сервер Державної податкової служби України. Там він реєструється у фіскальній базі даних, отримує унікальний фіскальний номер і повертається до касового застосунку у вигляді підтвердження. Саме цей номер є юридичним доказом здійснення розрахункової операції.

Таким чином, незалежно від виробника або розробника програмного рішення, усі ПРРО працюють у межах єдиної фіскальної архітектури, де ключовими етапами є:

- Формування фіскального чеку у форматі ФКЧ-1;
- Підпис електронним ключем;
- Передача до серверу ДПС;
- Отримання фіскального номера;
- Збереження та друк (або відправлення) електронного чеку споживачу.

Однією з ключових переваг програмних реєстраторів розрахункових операцій є можливість продовжувати роботу навіть у разі втрати інтернет-з'єднання чи тимчасової недоступності серверів Державної податкової служби України. Для цього в системі передбачено офлайн-режим фіскалізації, який дозволяє суб'єкту господарювання здійснювати розрахункові операції без негайного підключення до мережі [5].

Після авторизації касира у програмному РРО система отримує від серверів податкової служби пул попередньо згенерованих фіскальних номерів, які призначені для використання в автономному режимі. Як правило, програмні рішення (зокрема Checkbox, Вчасно.Каса, Cashalot тощо) надають до 2000 таких фіскальних номерів. Кожен із них може бути використаний для формування окремого офлайн-чеку у випадках, коли зв'язок із ДПС відсутній [4].

Під час розрахунку ПРРО формує чек у форматі ФКЧ-1, підписує його КЕП і прив'язує до офлайн-фіскального номера. Чек друкується або надсилається покупцю, а його дані тимчасово зберігаються локально в базі або зашифрованому файлі.

Після відновлення інтернету система автоматично синхронізує всі накопичені чеки з сервером ДПС, реєструючи їх у хронологічному порядку. У разі дублювання номера сервер повертає помилку, і ПРРО формує службовий звіт для обліку.

Зазвичай офлайн-фіскалізація застосовується у двох основних випадках:

- коли сервери ДПС тимчасово не відповідають або перебувають у технічному обслуговуванні;
- коли торговельна точка або клієнтська каса не має доступу до інтернету через перебої у мережі чи відсутність електроенергії.

Цей режим дозволяє підприємцю продовжувати роботу без переривання торговельного процесу, забезпечуючи безперервність обслуговування клієнтів та мінімізацію фінансових втрат під час технічних збоїв.

Офлайн-режим програмного РРО має чітке обмеження: після авторизації касира система отримує лише 2000 фіскальних номерів [5], доступних для використання без інтернету. Такий ліміт встановлено законодавчо для уникнення надмірного накопичення незафіксованих чеків. Для малого бізнесу цього зазвичай достатньо на кілька днів роботи, проте у великих торговельних мережах, де здійснюються тисячі операцій щодня, запас номерів може вичерпатися за лічені години. Після використання всіх offline-номерів касовий застосунок блокує подальшу фіскалізацію, і робота підприємства фактично зупиняється до моменту відновлення зв'язку з сервером ДПС [3].

Варто зазначити, що обсяг переданих даних для кожного чеку є незначним — зазвичай це кілька кілобайт структурованої інформації у форматі JSON. Однак наявність зв'язку є критичною умовою, оскільки передача навіть такого невеликого пакета можлива лише за активного інтернет-з'єднання.

Особливої актуальності ця проблема набуває у віддалених населених пунктах, де відсутнє стабільне покриття мобільного інтернету, а також під час тривалих відключень електроенергії або стихійних явищ (сильні опади, бурі, замети). У таких ситуаціях підприємці опиняються у стані вимушеного простою, оскільки касовий софт не має можливості отримати новий пул номерів або передати дані до ДПС після вичерпання наданих 2000 кодів.

Запровадження офлайн-режиму роботи програмних реєстраторів розрахункових операцій стало важливим кроком у забезпеченні гнучкості та безперервності торгівлі. Такий механізм дає можливість бізнесу продовжувати обслуговування клієнтів навіть за відсутності інтернет-підключення або у випадку тимчасової недоступності серверів податкової служби. Проте, попри очевидні переваги, цей підхід має низку обмежень і технічних ризиків.

Переваги:

- Безперервність роботи торговельної точки.
- Зручність для віддалених регіонів.
- Безпека операцій.
- Автоматична синхронізація.

Недоліки:

- Ліміт у 2000 чеків.
- Залежність від стабільності інфраструктури.
- Ризик втрати даних.
- Відсутність оперативного контролю з боку ДПС.
- Необхідність технічної компетентності персоналу.

Офлайн-фіскалізація є компромісним рішенням між зручністю для бізнесу та контролем з боку держави. Вона забезпечує гнучкість системи обліку, проте не усуває повністю залежність від стабільної інтернет-інфраструктури. Надалі доцільно розглядати можливість розширення ліміту фіскальних номерів, удосконалення механізмів резервного зберігання та впровадження інтелектуальних систем синхронізації, які дозволили б підвищити надійність фіскалізації навіть у кризових умовах.

Висновки

У дослідженні проаналізовано роботу програмних реєстраторів розрахункових операцій (ПРРО) в умовах нестабільного інтернету та відсутності електроенергії. Показано, що ПРРО є ефективним інструментом цифровізації фіскального обліку, який забезпечує прозорість розрахунків та зручність у використанні.

Офлайн-режим дозволяє продовжувати торгівлю під час технічних збоїв, завдяки пулу з 2000 фіскальних номерів. Водночас цей ліміт стає критичним для великих підприємств, де він може бути вичерпаний за кілька годин, що призводить до зупинки роботи.

Ключовою проблемою залишається залежність ПРРО від стабільного інтернет-з’єднання та обмежений запас офлайн-номерів. У віддалених регіонах або за умов тривалого блекауту це спричиняє простої та фінансові втрати.

Для покращення роботи системи доцільно розглянути збільшення ліміту номерів, використання резервних серверів і впровадження механізмів автономної синхронізації даних. Це сприятиме більшій надійності фіскалізації за будь-яких умов і збалансує потреби бізнесу з вимогами податкової прозорості.

Перелік джерел посилання

1. База знань – ПРРО та його особливості. TAXER. URL: https://taxer.ua/uk/kb/prro-ta-ioho-osoblyvosti.
2. Закон України № 1017: застосування РРО/ПРРО ФОП – «єдинниками». Територіальні органи ДПС у Дніпропетровській області. URL: https://dp.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/print-449008.html.
3. Кому потрібен РРО для ФОП у 2025 році. roapp.com.ua. URL: https://roapp.com.ua/blog/rro-for-fop.
4. Програмний РРО (ПРРО) № 1 для бізнесу в Україні – Checkbox. Checkbox. URL: https://checkbox.ua/.
5. ПРРО «Вчасно.Каса» зручний програмний РРО для бізнесу. Програмний РРО для вашого бізнесу – «Вчасно.Каса». URL: https://kasa.vchasno.com.ua/.

6. Форма, зміст та обов’язкові реквізити розрахункових документів/електронних розрахункових документів, а саме – фіскального чеку. od.tax.gov.ua. URL: https://od.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/636314.html.

УДК 339:004.738.5

Голоцван Н. Д.,
студент 1 курсу спеціальності «Комп’ютерні науки»

Данилець Є. В.,
к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій та фундаментальної підготовки

СТЕК ТЕХНОЛОІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ В ІТ-СФЕРІ

Одеський технологічний університет «ШАГ», Україна
Національний університет «Одеська політехніка», Україна

Постановка проблеми

Сучасні інформаційні технології розвиваються швидкими темпами, що збільшує попит у роботодавців на фахівців, які володіють сучасними інструментами. Знання популярних мов програмування таких як C#, JavaScript, Python та інших, підвищує конкурентоспроможність і надає можливість отримати роботу серед більшої кількості вакансій. Тому наразі актуальним є побудова інтерактивних інформаційних систем навчання в ІТ-сфері.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Багатьом ІТ-платформам навчання бракує мотивації та реальної взаємодії між учнями. Зокрема в популярних системах для навчання [1] матеріал у вигляді лекцій, відеоматеріалів, прикладів та завдань надається без інтерактивної складової. Тобто в більшості випадків учень має опановувати матеріал самостійно, без спілкування з системою. Так, в деяких навчальних курсах як бонус існують системи менторства, які коштують чималі гроші. Також далеко не всі інформаційні системи для навчання мають систему рейтингів користувачів, та можливість їхнього спілкування.

Постановка задачі

Метою даного проекту було за допомогою повного стеку сучасних технологій побудувати інтерактивну інформаційну систему автоматизації навчального процесу в ІТ, зокрема оволодінням мовами програмування.

Виклад основного матеріалу

Для реалізації даного проекту був використаний повний стек сучасних технологій, який складається з наступних фреймворків та бібліотек: Entity Framework Core, ASP.NET Core, бібліотеки React та Axios, Roslyn, Microsoft SQL Server. На рис.1 показана загальна архітектура проекту.

Для побудови інтерфейсу користувача була використана сучасна бібліотека React.js [2], яка відома за можливість розробки односторінкових web-застосунків та за високу швидкість розробки, простоту і масштабованість. На рис. 2 показана частина UI, що відповідає роботі з теоретичною частиною курсу C#.

Для роботи з інформаційною системою необхідно пройти авторизацію/реєстрацію. Далі у користувача є можливість ознайомитися з теорією, прикладами, пройти тести та виконати завдання шляхом самостійного кодування. Для аналізу коду, його компіляції та запуску використовувалась платформа Roslyn[3] з відкритим вихідним кодом, що розробляється корпорацією Microsoft, і містить у собі компілятори та засоби для аналізу коду, написаного мовами програмування C# і Visual Basic.

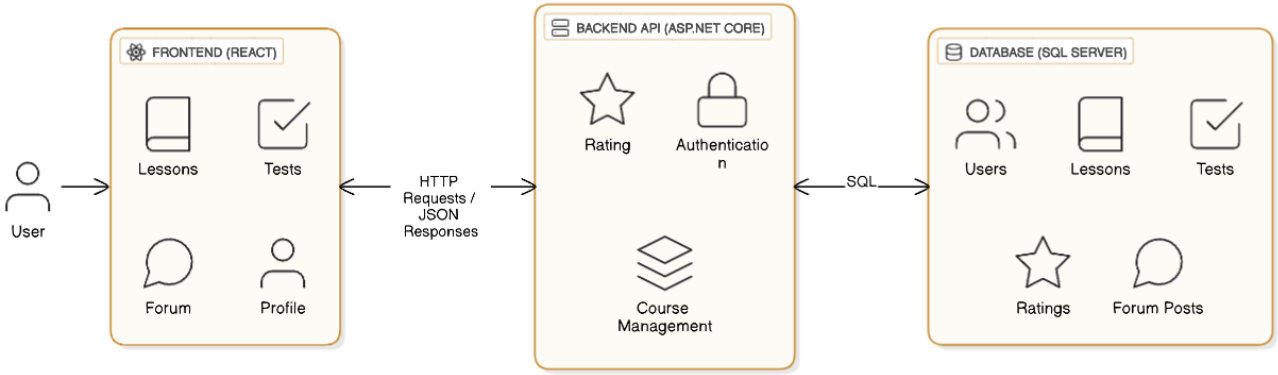


Рисунок 1. Архітектура інформаційної системи.

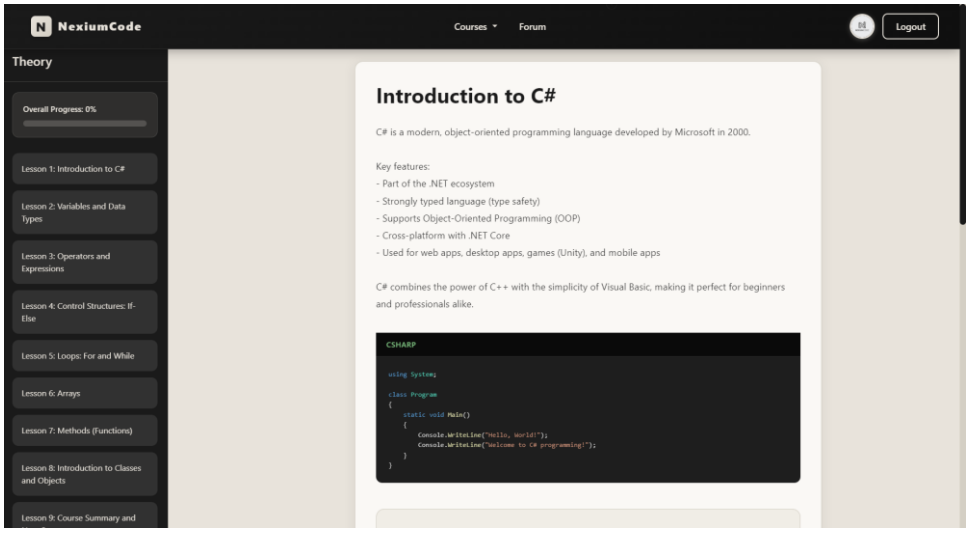


Рисунок 2. Інтерфейс користувача системи.

Для взаємодії клієнтської частини з сервером використовувалася клієнт-серверна архітектура Web API, де в якості клієнта виступає браузер користувача, а в якості сервера використовується ASP.NET Core REST API. На клієнтській частині для взаємодії з сервером за допомогою AJAX-запитів використовувалась популярна бібліотека Axios [4], яка надає більш простий та гнучкий спосіб взаємодії з сервером у порівнянні зі стандартним методом fetch API. Вона спрощує надсилання та отримання даних, автоматично обробляє JSON та пропонує більш зручну обробку помилок.

Запити клієнта обробляються на сервері, побудованому з використанням ASP.NET Core[5] у зв'язці з фреймворком Entity Framework Core[6], що забезпечує взаємодію з базою даних Microsoft SQL Server, спрощена схема якої представлена на рис. 3.

Зі схеми можна побачити, що в базі даних зберігається інформація про користувачів, курси, практичні завдання та тести, прогрес навчання та повідомлення форуму. Як зазначалося вище, web-застосунок має систему рейтингу та прогресу користувачів, скріншоти яких показані на рис. 4.

Для реалізації проекту на основі вищеописаного стеку технологій були використані такі IDE як Microsoft Visual Studio 2022, WebStorm від компанії JetBrains та Microsoft SQL Server Management Studio для роботи з базою даних. Всі вищезгадані технології та засоби є безкоштовними, або умовно безкоштовними, що зменшує собівартість створення інтерактивної інформаційної системи навчання.

Висновки

Таким чином вдалося реалізувати інтерактивну інформаційну систему навчання в IT-сфері як веб-застосунок, що автоматизує процес навчання та робить його інтерактивним. Серед його переваг можна відмітити простоту функціонування, систему рейтингів користувачів, можливість їхнього спілкування, а також здатність до розширення та масштабування інформаційної системи, що досягається використанням повного стеку сучасних інформаційних технологій.

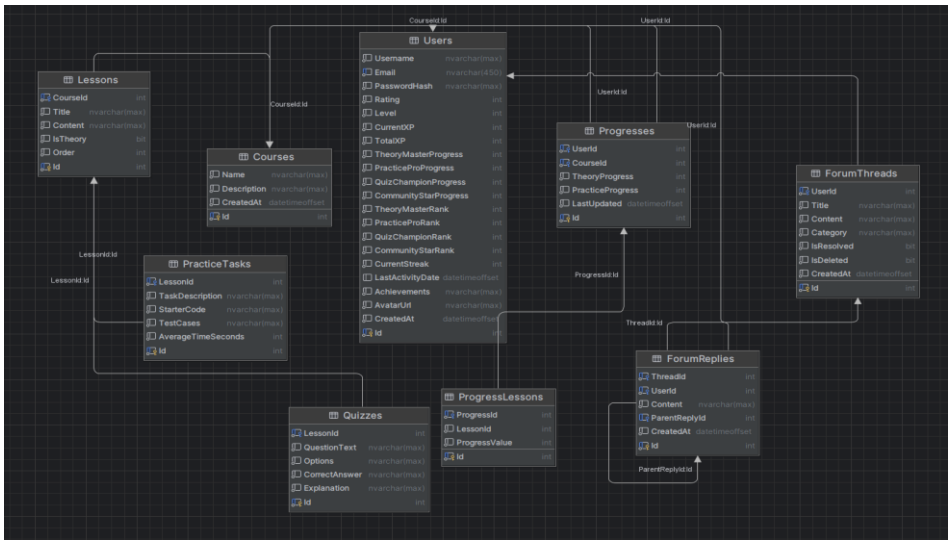


Рисунок 3. Схема бази даних інформаційної системи.

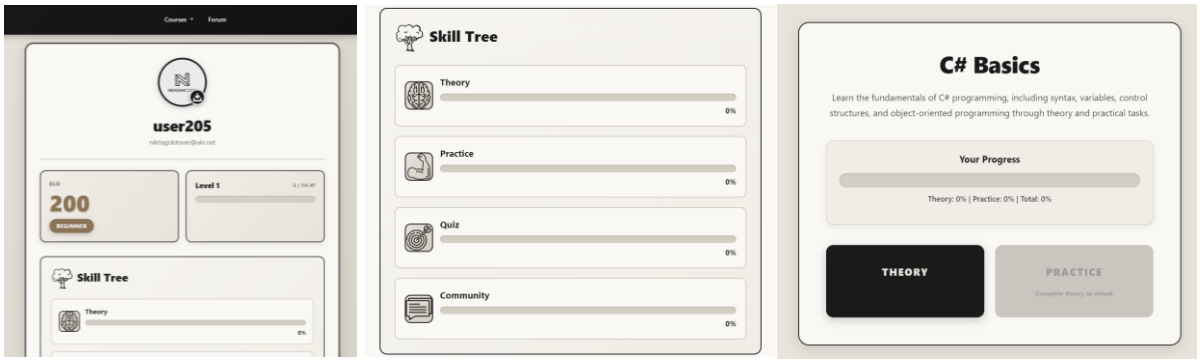


Рисунок 4. Скріншоти системи рейтингу та прогресу користувачів.

Перелік джерел посилання

1. Bardadym, O. V. Types of information systems for managing an educational institution. IV Міжнародна науково-практична конференція «Цифрові інновації та соціальні трансформації в освіті та професійному середовищі», Київ. https://doi.org/10.5281/zenodo.14840251
2. React [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://react.dev.
3. Introduction to Roslyn and its use in program development [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://pvs-studio.com/en/blog/posts/csharp/0399/.
4. Axios [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://axios-http.com.
5. ASP.NET Core [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/aspnet.
6. Entity Framework Core [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://learn.microsoft.com/en-us/ef/.

УДК 330.46:519.87

Грач Д. А.,
студент 2 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ОПП «Інформаційних технологій та робототехніки»

Капітон А. М.,
доктор педагогічних наук, кандидат економічних наук, професор кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем, Національний університет "Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка"

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ, ОСВІТІ, ЕКОНОМІЦІ, ЛОГІСТИЦІ, ТУРИСТИЧНІЙ СФЕРІ ТА ТРАНСПОРТІ

Національний університет "Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка", Україна

Актуальність теми

Інформаційні технології (ІТ) є рушійною силою Четвертої промислової революції [5], трансформуючи всі ключові сфери життя суспільства та економіки.

Об'єкт дослідження

Процеси застосування ІТ (включно зі штучним інтелектом, Big Data, хмарними обчисленнями, IoT) у різних галузях.

Мета

Визначити ключові напрямки та оцінити вплив ІТ на підвищення ефективності, інноваційності та конкурентоспроможності в науці, освіті, економіці, логістиці, туризмі та транспорті.

Виклад основного матеріалу

Наука (Research & Development)

ІТ, зокрема високопродуктивні обчислення (HPC) та машинне навчання, дозволяють моделювати складні процеси (наприклад, кліматичні зміни, розробка ліків, фізичні експерименти), скорочуючи час від гіпотези до результату.

Створення глобальних наукових мереж, відкритих баз даних та хмарних платформ сприяє міжнародній колаборації та обміну знаннями в режимі реального часу.

Освіта (Education)

Запровадження адаптивних навчальних систем, дистанційної освіти та використання ІТ в цілому робить освітній контент гнучким, індивідуалізованим та доступним [2].

ІТ інтегруються в навчальні програми, готуючи студентів до вимог цифрового ринку праці через розвиток критичного мислення, програмування та аналізу даних.

Економіка (Economy & Finance)

ІТ забезпечують автоматизацію бізнес-процесів та формування нових бізнес-моделей (платформна економіка) в умовах загальної цифрової трансформації економіки [4].

Розвиток FinTech підвищує прозорість, швидкість та безпеку транзакцій, водночас вимагаючи надійних систем запобігання витоку інформації [6].

Логістика (Logistics)

Системи управління складами (WMS), трекінг товарів за допомогою IoT-сенсорів та інтелектуальне планування маршрутів на основі ІТ забезпечують прозорість, зменшення витрат та мінімізацію затримок у глобальних ланцюгах постачання [3].

Дрони та роботизовані системи використовуються для автоматизації складських операцій та доставки "останньої милі".

Туристична сфера (Tourism)

ІТ дозволяють пропонувати персоналізовані туристичні пакети, бронювання та навігацію, покращуючи клієнтський досвід [1].

Системи онлайн-бронювання, аналіз відгуків та електронний маркетинг забезпечують готелям та операторам ефективне залучення клієнтів та управління завантаженням.

Транспорт (Transport)

Впровадження ІТС, які керують світлофорами, моніторять трафік і надають інформацію водіям, сприяє підвищенню безпеки та зменшенню заторів у містах.

Розвиток технологій самокерованих транспортних засобів обіцяє радикальне підвищення ефективності та безпеки перевезень.

Висновок

ІТ є не просто інструментом, а фундаментом для інноваційного розвитку всіх сучасних галузей, забезпечуючи перехід до цифрової економіки. Необхідність вирішення проблем кібербезпеки, захисту даних, подолання цифрового розриву та етичного використання ШІ. Подальша інтеграція ІТ відкриває шлях до створення "розумних" міст, високотехнологічної медицини та глобально-інтегрованої економіки.

Перелік джерел посилання

1. Григоренко М. В., та ін. Роль інформаційних технологій у розвитку туристичної галузі // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Економіка. 2018. Вип. 2(52). С. 241–245.
2. Мельник А. Інформаційні технології в системі освіти: нові виклики та можливості // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. 2020. Вип. 5(212). С. 4–10.
3. Смірнов О. П. (Ред.). Інформаційні системи та технології в логістиці. Харків : Основа, 2021. 320 с.
4. Ткаченко В. Цифрова трансформація економіки України. Київ : Знання, 2019. 288 с.
5. Шваб К. Четверта промислова революція. Київ : BookChef, 2017. 320 с.
6. Шумков С. О., Григорова А. А. Системи запобігання витоку інформації – невидимий щит для даних // Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні : матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (30 лист. 2023 р.). – Хмельницький, 2023. – С. 267–268.

УДК 004.42:612.845

Грищук Д. В.,
студент 4 курсу спеціальності «Інформаційні системи та технології»

Мельников О. Ю.,
к.т.н., доцент, в. о. зав. каф. інтелектуальних систем прийняття рішень

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПОМИЛОК ПРИ ПОПЕРЕДНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ДИСЛЕКСІЇ У ДІТЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЛАСНОЇ РОЗРОБКИ

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна

Дислексія є одним із найпоширеніших специфічних порушень навчання, що проявляється у вигляді стійких труднощів у формуванні навички читання при збереженому інтелекті та сприятливих умовах навчання. За оцінками Міжнародної асоціації дислексії [1], близько 12 % населення мають різні форми цього порушення, що підкреслює актуальність своєчасної діагностики та корекційних заходів. Рання діагностика підвищує ймовірність подолання або

суттєвого послаблення дислексії, що впливає на якість життя дитини, її інтеграцію в суспільство та вибір професії.

Раніше автори розробили спеціалізоване програмне забезпечення для діагностики дислексії у дітей [2], яке поєднує реєстрацію помилок під час тестування, математичне моделювання типових порушень [3], об'єктно-орієнтоване моделювання системи [4], аналіз динаміки точності читання. Наступним етапом дослідження став статистичний аналіз помилок, який дозволяє не лише оцінити їх кількість, а й виявити закономірності розподілу, стабільність та взаємозв'язки між різними типами дислексичних помилок.

Для оцінки частотних та варіативних характеристик помилок у програмному забезпеченні застосовано стандартні статистичні показники (рис. 1).

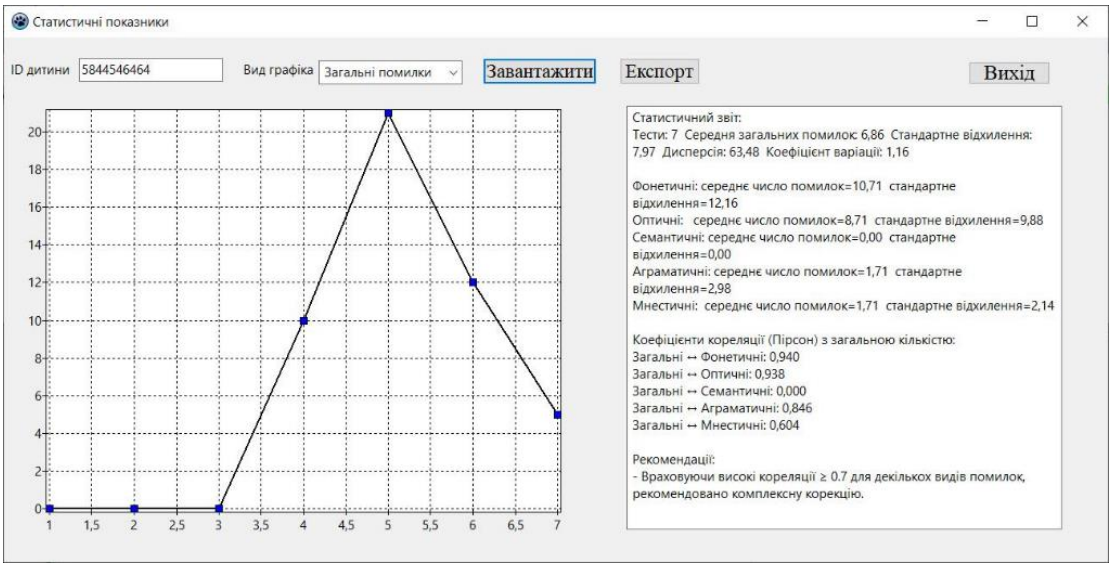


Рисунок 1. Статистичний аналіз та графік, що відображає загальну кількість помилок

Середнє значення помилок дозволяє оцінити типовий рівень порушення для кожного типу, тоді як дисперсія та стандартне відхилення відображають ступінь розкиду даних — високі значення свідчать про нерівномірність помилок, а низькі вказують на системність порушення. Крім того, для оцінки стабільності помилок у різних тестуваннях використовується коефіцієнт варіації. Він дає змогу порівнювати варіативність між різними типами помилок незалежно від абсолютної кількості помилок. Низький коефіцієнт варіації свідчить про системність помилок і можливу стабільну закономірність порушень, тоді як високий – вказує на випадковий або нерівномірний характер помилок.

Особливу увагу приділено кореляційному аналізу між типами помилок. Обчислення коефіцієнтів кореляції Пірсона дозволяє виявити взаємозв'язки між фонетичними, оптичними, семантичними, аграматичними та мнестичними помилками. Високі значення кореляції свідчать про потенційний комплексний характер порушення, коли кілька типів помилок можуть формуватися спільно через схожі механізми когнітивної обробки тексту.

На підставі статистичного аналізу можна зробити висновки щодо характеру помилок у дитини. Якщо кілька типів помилок демонструють високі значення кореляції, доцільна комплексна корекція, яка враховує взаємозв'язки між різними видами порушень. Натомість типи помилок з низькою взаємозалежністю можуть потребувати індивідуального підходу до корекції. Такий аналіз дозволяє логопедам і педагогам формувати персоналізовані програми розвитку навички читання та корекції дислексії.

Для наочності та полегшення аналізу даних у програмному забезпеченні реалізовано різноманітні графічні модулі. Основні типи візуалізацій включають:

1. Графіки загальних помилок та помилок по усіх типах дислексії.
2. Графік усіх типів помилок, який одночасно відображає частоту кожного виду помилок у тестуваннях. Використання різних кольорів дозволяє швидко визначити домінуючі порушення (рис. 2).

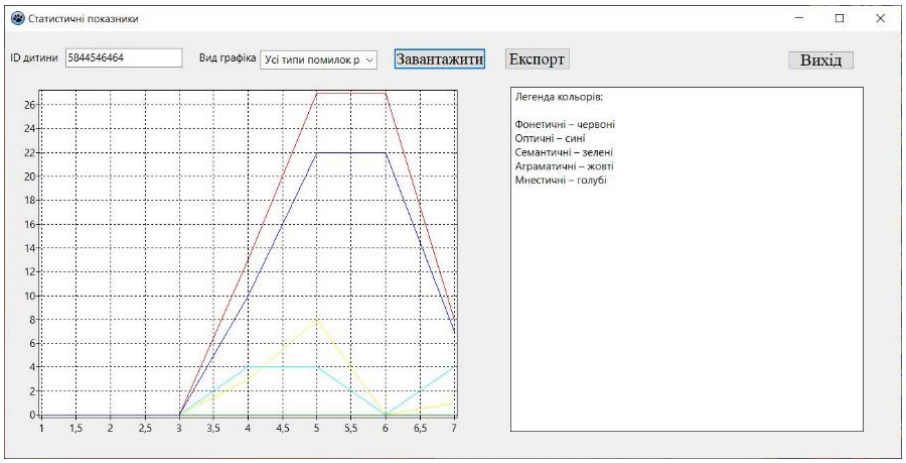


Рисунок 2. Графік, що відображає усі типи помилок

3. Графік кореляції між типами помилок, який відображає взаємозв'язки між різними видами помилок. Наприклад, фонетичні та оптичні помилки можуть демонструвати високий коефіцієнт кореляції, що свідчить про їх спільну природу або можливий комплексний характер порушення (рис. 3).

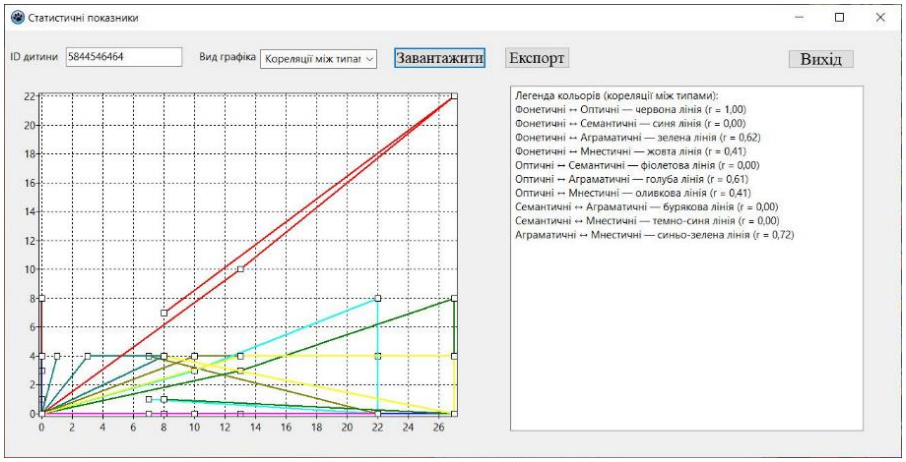


Рисунок 3. Графік кореляції між типами помилок

4. Графік кореляції типів помилок з загальною кількістю помилок, що відображає взаємозв'язок кожного з типів помилок з їх загальною кількістю і дозволяє оцінити внесок кожного виду порушення у загальний результат (рис. 4). Це допомагає ідентифікувати найбільш впливові типи помилок для формування індивідуальних рекомендацій.

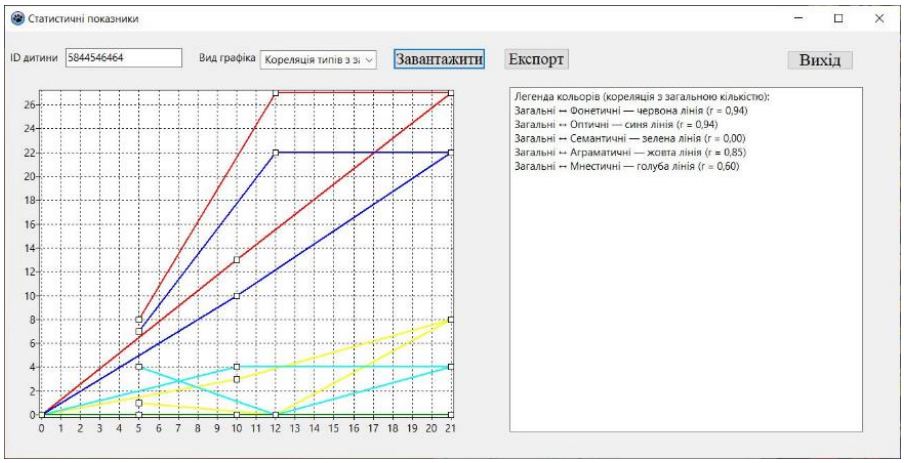


Рисунок 4. Графік кореляції типів помилок з загальною кількістю помилок

5. Гістограма розподілу помилок, яка відображає частоту та стійкість помилок, допомагаючи виявити "проблемні" слова для корекційної роботи.

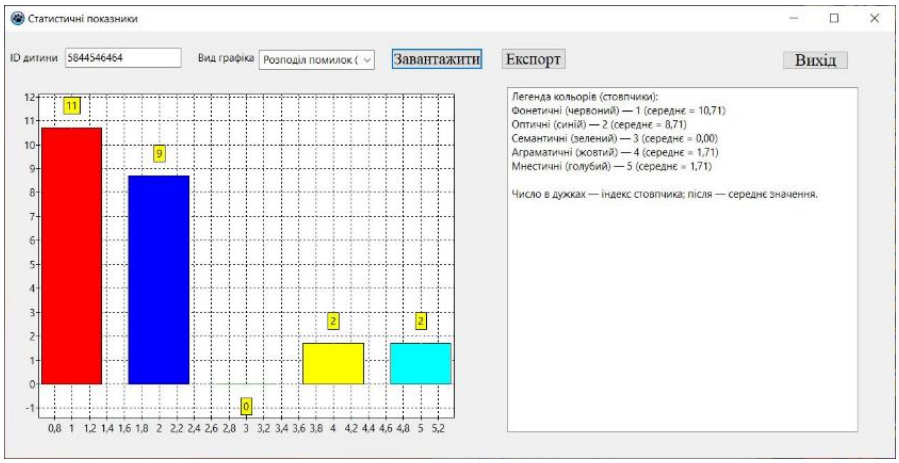


Рисунок 5. Гістограма розподілу помилок

Візуалізація результатів дозволяє логопедам та психологам швидко і наочно оцінити характер помилок, виявити стійкі закономірності та визначити пріоритети для корекційної роботи.

Поєднання статистичного аналізу з програмним забезпеченням власної розробки робить підхід до попередньої діагностики дислексії глибшим, об’єктивнішим і наочнішим, а отримані дані сприяють формуванню індивідуальних корекційних стратегій та моніторингу прогресу дитини під час навчання.

Перелік джерел посилання

1. International Dyslexia Association [Електронний ресурс]. URL: http://www.dyslexiaida.org.– Дата звернення: 9.11.2025.

2. Мельников О. Ю., Грищук Д. В. Програмне забезпечення для попередньої діагностики дислексії у дітей. Automation of Technological and Business Processes. Одеса: ОНТУ, 2024, № 16 (3). С. 81-87. DOI: https://doi.org/10.15673/atbp.v16i2.2843

3. Грищук Д. В., Мельников О. Ю. Математична модель для діагностики дислексії у дітей. Матеріали П’ятнадцятої Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених «Сучасні інформаційні технології – 2025» «Modern Information Technology – 2025» (15-16 травня 2025 р., м. Одеса), МОН України; Національний університет «Одеська політехніка»; Ін-т комп’ют. Систем, Одеса: Наука і техніка, 2025. С.59-61. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15521809

4. Мельников О. Ю., Грищук Д. В. Об’єктно-орієнтоване проєктування програмного забезпечення для попередньої діагностики дислексії у дітей. Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції, Черкаси, 2025. С. 57-59.

УДК 004.412.2:519:237.5

Доценко А. С.,
студент 2 курсу освітнього ступеню магістр спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»

Макарова Л. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

Фаріонова Т. А.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

НЕЛІНІЙНА РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ МОВОЮ C#

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

За результатами щорічного опитуванням DOU про мови програмування, C# знаходиться на 4 місці за популярністю серед комерційних розробок. Не зважаючи на деякий спад популярності цієї мови програмування - з 13,6% у 2019 році до 11,9% у 2024 році, вона стабільно залишається у першій п`ятірці найпопулярніших мов програмування на думку IT-фахівців з України. Якщо ж розглядати безпосередньо Software Engineers, то у цій сфері C# займає 3 місце по використанню у реальних проєктах із 14,7% та 2 місце як мова, яку б обрали розробники для наступного проєкту із 11,7% [1].

При оцінюванні розміру програмного забезпечення можуть використовуватися різні нелінійні регресійні моделі, у яких в якості залежної змінної присутня кількість рядків коду, причому зазвичай вона виражається у тисячах рядків, для подальшого використання при побудові моделей COCOMO та COCOMO II. У разі використання однофакторної моделі в якості незалежної змінної виступає кількість класів, у разі ж використання багатофакторних моделей в якості незалежних змінних можуть виступати, окрім вже згаданої кількості класів, кількість методів, глибина дерева успадкування DIT або ж зважені методи на клас WMC. Останні дві відносяться до набору метрик Чидамбера та Кемерера.

Тому підвищення достовірності оцінювання розміру програмного забезпечення, що створюється мовою C#, за рахунок видалення викидів з набору даних та побудови нелінійної регресійної моделі є актуальним завданням інженерії програмного забезпечення.

Для побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру програмного забезпечення, що створюється мовою C#, у репозиторії з відкритим доступом GitHub було знайдено 39 програмних проєктів [2]. В якості незалежних змінних були обрані такі метрики, як кількість класів та середня кількість методів на клас. В якості нормалізуючого перетворення було використано перетворення на основі десяткового логарифму.

Для оцінювання розміру програмного забезпечення, що створюється мовою C#, існує вже декілька побудованих нелінійних регресійних моделей, зокрема, моделі, представлені у роботах [3-5].

Модель, представлена у роботі [3], є однофакторною. Модель, представлена у роботі [4], хоч і використовує ті ж самі фактори, що і у даній роботі, але вона була побудована для окремого типу програмного забезпеченні, а саме, вебзастосунків, і її якість при використанні з зібраними даними не задовільняє необхідним вимогам. Модель, представлена у роботі [5], є трифакторною, але в якості одного з факторів використовується метрика зв`язності класів, що робить дану модель непридатною для використанні в розрізі поставленої задачі.

Зібраний набір даних було перевірено на викиди за допомогою квадрату відстані Махаланобіса згідно з роботою [6], в результаті чого було знайдено та видалено 4 викиді. Таким

чином, для подальшої побудови моделі використовувався скоригований набір даних, який містив 35 програмних проєктів.

Побудована у результаті двох-факторна нелінійна регресійна модель із використання логарифмічного перетворення має вид:

$$Y = 10^{\varepsilon - 1{,}5866} X_1^{1{,}0151} X_2^{0{,}6757}.$$

Побудована модель має наступні показники якості: R^2=0,8613, *MMRE*=0,2825, *Pred*(0,25)=0,4857. Як видно із наведених даних, два з трьох параметрів якості, *MMRE* та *Pred*(0,25), не задовольняють необхідним вимогам, а саме: *MMRE*≤0,25 та *Pred*(0,25)≥0,75, що свідчить про необхідність застосування інших нормалізуючих перетворень.

Тому у подальшій роботі планується застосування нормалізуючого перетворення Бокса-Кокса та розробка програми для автоматизації розрахунків і побудови нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру програмного забезпечення, що створюється мовою C#.

Перелік джерел посилання

1 Рейтинг мов програмування 2025. TypeScript і Python — найпопулярніші, частки C# та Java зменшуються. URL: https://dou.ua/lenta/articles/language-rating-2025/ (дата звернення: 07.11.2025).

2. A code hosting platform for version control and collaboration GitHub. URL: https://github.com/ (дата звернення: 07.11.2025).

3. Латанська Л.О., Макарова Л.М., Нікітіна О.Ю., Нікітін О.В. Математичне моделювання в задачах оцінювання розміру прикладного програмного забезпечення з відкритим кодом на C#. Computer Science and Applied Mathematics, 2022. С. 66-74. https://doi.org/10.26661/2413-6549-2022-1-08

4. Петриченко С.А., Пухалевич А.В. Багатофакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру вебзастосунків, що створюються з використанням мови програмування C#. Інформаційні технології: моделі, алгоритми, системи (ITMAS – 2023): Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції (30-31 жовтня 2023 р.). Миколаїв: НУК імені адмірала Макарова, 2023. С. 40-43.

5. Каіров В.О., Ларіонов В.А., Ласяк Р.О. Раннє оцінювання розміру програмних застосунків мовою C#. Сучасні інформаційні системи та технології: матеріали VII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» (29 листопада 2024 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. А.А. Григорової. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024.С. 176-77.

6. Prykhodko S., Prykhodko N., Makarova L., Pukhalevych A. Application of the Squared Mahalanobis Distance for Detecting Outliers in Multivariate Non-Gaussian Data. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). Lviv-Slavske, 2018. P. 962-965.

УДК 37.018.43:004.9:316.75

Дяденчук А. Ф.,
к.т.н., доцент, методист

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕТИЧНИХ ПРОТОКОЛІВ У ДІЯЛЬНІСТЬ ЗАКЛАДУ ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

Заклад позашкільної освіти «Палац дітей та молоді» Бердянської міської ради Запорізької області, Україна

Постановка проблеми. У сучасних умовах цифрової трансформації освіти особливої актуальності набуває питання впровадження інформаційних технологій в усі ланки освітнього процесу. Водночас зростає потреба у формуванні безпечного освітнього середовища, заснованого на етичних принципах, прозорості та публічній довірі. Ці виклики особливо загострюються в

умовах релокації закладів освіти, коли необхідно оперативно адаптувати внутрішні процеси до нових обставин, зберігаючи якість освітніх послуг і довіру до закладів. Крім цього, заклади освіти, зокрема і заклади позашкільної освіти, стикаються з викликами, пов'язаними з необхідністю адаптації до цифрових форматів, підвищенням професійної видимості педагогів та забезпеченням етичної взаємодії в освітньому процесі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Події останніх десятиліть актуалізували звернення педагогів до інноваційних методів навчання, що знайшло відображення у великій кількості наукових публікаціях. Науковцями активно досліджуються питання цифровізації освіти, зокрема створення електронних портфоліо педагогів [1-2], використання соціальних мереж для освітньої комунікації [3-4], впровадження етичних стандартів у цифровому середовищі [5] тощо. Автори робіт, зокрема, Т. О. Олійник, М. А. Пригодій, А. М. Гуржій та інші, акцентують увагу на важливості цифрової компетентності педагогів, прозорості освітніх процесів та формуванні цифрової репутації закладів. Проте практичні кейси впровадження таких рішень у позашкільній освіті, особливо в умовах релокації, залишаються недостатньо висвітленими.

Постановка задачі. Метою статті є представлення практичного досвіду впровадження цифрових освітніх технологій та етичних протоколів у діяльність Закладу позашкільної освіти «Палац дітей та молоді».

Виклад основного матеріалу. Після релокації Закладу позашкільної освіти «Палац дітей та молоді» одним із пріоритетів стало переосмислення освітньої та комунікаційної діяльності в умовах нової територіальної, соціальної та цифрової реальності. Одним із ключових інструментів цього оновлення стала Школа педагогічної майстерності (ШПМ), яка перетворилася на майданчик професійного розвитку, цифрової трансформації та етичної рефлексії закладу.

У межах ШПМ на постійній основі реалізуються ініціативи, що поєднують методичну підтримку, розвиток цифрових компетентностей і формування культури відповідальної взаємодії. Учасники Школи беруть участь у воркшопах зі створення сайтів, знайомляться з можливостями штучного інтелекту в освітньому процесі, вивчають принципи цифрової безпеки та етичної поведінки в онлайн-середовищі (рис. 1).

Рис. 1. Цифрові практики Закладу позашкільної освіти «Палац дітей та молоді»

Проведені заходи інтегровані в живу практику закладу, супроводжуються публічним висвітленням, кейс-аналізом і створенням цифрових продуктів. Цифровізація реалізується як наскрізна стратегія, що охоплює освітній процес, комунікацію та взаємодію з громадськістю. Такий підхід дозволяє не лише підтримувати сталість освітньої діяльності в умовах релокації, а й

формувати нову якість позашкільної освіти – відкриту, гнучку, технологічно підготовлену до викликів часу.

Паралельно з цифровими ініціативами в закладі системно функціонує комісія з протидії булінгу, яка виконує не лише консультативну та реагувальну, а й інформаційно-просвітницьку функцію. Етичні протоколи, розроблені та впроваджені в межах цієї діяльності, стали частиною внутрішньої культури закладу. Вони інтегруються в освітні заходи, обговорюються на методичних сесіях, публічно висвітлюються через цифрові канали комунікації та слугують інструментом формування безпечного освітнього середовища.

Таким чином, цифровізація та етична прозорість не існують окремо у закладі позашкільної освіти, вони взаємодіють як складники єдиної стратегії, спрямованої на оновлення освітнього простору. Різносторонній підхід дозволяє не лише зберігати функціональність закладу в умовах релокації, а й формувати його як сучасну, відкриту та стійку освітню інституцію.

Висновки. Досвід Закладу позашкільної освіти «Палац дітей та молоді» засвідчує, що поєднання цифрових освітніх технологій, етичних протоколів та системної комунікації може стати основою стійкого розвитку закладу в умовах трансформації. Просвітницькі заходи, зокрема Школа педагогічної майстерності, виступають не лише як методичний осередок, а як платформа цифрової адаптації, професійної підтримки та етичної рефлексії. Проведені заходи підтверджують ефективність практико-орієнтованої цифровізації: здобуті навички інтегруються в освітню практику, супроводжуються публічним висвітленням і сприяють оновленню освітнього середовища. Етична прозорість і цифрова відкритість формують довіру до закладу та засвідчують його професійну зрілість. Таким чином, цифровізація, етичні стандарти та комунікаційна системність утворюють єдину стратегічну рамку, що дозволяє не лише зберегти функціональність закладу в умовах релокації, а й переосмислити його роль як сучасної, відкритої та стійкої освітньої інституції.

Перелік джерел посилання

1. Вакалюк Т. А., Іванова С. М., Кільченко А. В. Електронне портфоліо як засіб відображення результатів науково-педагогічної діяльності викладачів ЗВО. Науковий вісник. Серія: Педагогіка. Соціальна робота. 2021. Вип. 1(48). С. 53-58.

2. Красильникова Г., Красильников С., Бик Н. Структура портфоліо педагогічних працівників закладів П(ПТ)О для представлення результатів їх професійної діяльності. Молодь і ринок. 2023. № 2/210. С. 43-49.

3. Мулеса П., Семеніхіна О. Соціальні мережі як цифровий інструмент професійної діяльності вчителя. Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка. 2021. № 170-171 (14-15). С. 145-150.

4. Мина Ж. В. Соціальні мережі як засіб інформаційної підтримки учнівської та студентської молоді у навчально-виховному процесі та професійному виборі. Вчені записки ТНУ імені ВІ Вернадського. Серія: Філологія. Журналістика. 2021. Т. 32 (71) № 1. Ч. 3. С. 278-282.

5. Калініченко Л.Л., Мельник Л.Г., Літвінова А.М., Коблянська І.І., Кубатко О.В. Амбівалентність етичних принципів у цифровому переході. Підприємництво та інновації. 2024. № 30. С. 14-20.

УДК 004:658.8

Ковальов М. С.,
аспірант
спеціальності 073 «Менеджмент»
ОНП «Менеджмент»

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕАЛІЗАЦІЄЮ ПРОДУКЦІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку цифрової економіки зростає потреба у підвищенні ефективності управління підприємствами шляхом інтеграції інформаційних технологій у всі ключові бізнес-процеси. Одним із найбільш критичних напрямів цифрової трансформації є управління реалізацією продукції. Саме від якості організації збутової діяльності залежить рівень доходів та загальна прибутковість підприємства. Традиційні підходи до управління продажами, що ґрунтуються на досвіді менеджерів і фрагментарному аналізі інформації, перестають відповідати потребам ринкового середовища, яке характеризується високою швидкістю змін, конкуренцією, нестабільністю попиту та перевантаженням інформацією. У зв'язку з цим постає необхідність у впровадженні сучасних інформаційних технологій та аналітичних систем, що забезпечують комплексну, точну та оперативну підтримку рішень у сфері реалізації продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впливу інформаційних технологій на ефективність діяльності підприємств розглядалося у працях численних дослідників як в Україні, так і за кордоном. Дослідження С. Поліщук і С. Пятаченко [5] доводять, що інноваційні технології сприяють підвищенню прибутковості підприємств агропромислового комплексу шляхом зменшення витрат та оптимізації використання ресурсів. У працях О. Кузьменко, О. Сергєєвої та В. Орлової [4] аналізуються результати впровадження інформаційних систем у діяльність торговельних підприємств і підкреслюється значний вплив ІТ на якість управління реалізацією продукції та рівень фінансових результатів. Наукові праці А. Бхімані [6] містять ґрунтовне дослідження трансформації управлінського обліку під впливом цифровізації, що безпосередньо стосується аналітичної підтримки процесів збуту. Теоретичні засади «інтелектуального підприємства» та сучасної архітектури бізнесу також підтверджують необхідність стратегічного використання ІТ для підвищення результативності збутової діяльності.

Постановка задачі. *Метою статті* є визначення ролі інформаційних технологій у системі управління реалізацією продукції та оцінка їх впливу на прибутковість підприємства. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі: дослідити сучасні інформаційні інструменти управління збутом; визначити механізми їх впливу на фінансові результати; охарактеризувати основні бар'єри впровадження ІТ у сферу реалізації продукції; запропонувати практичні рекомендації щодо підвищення ефективності збутової діяльності за допомогою ІТ-систем.

Виклад основного матеріалу. Сучасна система управління реалізацією продукції ґрунтується на використанні цілої низки інформаційних технологій, серед яких провідну роль відіграють CRM-системи (Customer Relationship Management). Вони забезпечують накопичення, структуризацію та аналіз даних про клієнтів, дозволяють здійснювати сегментацію ринку, формувати індивідуальні пропозиції та виявляти поведінкові патерни. Завдяки цьому збільшується ймовірність повторних продажів, підвищується рівень конверсії та лояльність клієнтів. Важливим є те, що CRM формує базу даних, на основі якої аналітичні системи здійснюють подальше моделювання та прогнозування збуту.

Значний вплив на ефективність системи реалізації продукції здійснюють засоби бізнес-аналітики (BI-системи). Вони забезпечують обробку великих масивів даних та формування

інтерактивних звітів, що дозволяє менеджменту оперативно оцінювати динаміку продажів, маржинальність товарів та ефективність каналів збуту. Системи BI забезпечують інтеграцію даних з різних джерел – виробництва, збуту, фінансів, логістики – створюючи цілісну картину діяльності підприємства. Таким чином, управління реалізацією продукції набуває прогнозного та стратегічного характеру [1; 3].

Окремо слід виділити застосування прогнозних моделей та алгоритмів машинного навчання. Моделі прогнозування попиту дають можливість підприємствам зменшувати витрати на зберігання, уникати дефіциту продукції та оптимізувати виробничий план. Зарубіжні дослідження демонструють високі результати застосування хмарних платформ для прогнозування B2B-продажів, що безпосередньо впливає на прибутковість шляхом підвищення точності рішень щодо формування складських запасів і вибору комерційних стратегій.

Додатковою складовою сучасних систем управління збутом є концепція інформаційного злиття, яка передбачає об’єднання неоднорідних інформаційних потоків з метою підвищення ситуаційної обізнаності менеджерів. Це дає змогу більш адекватно оцінювати ринкові тенденції та обирати оптимальні сценарії розвитку збутових кампаній. На стратегічному рівні роль IT посилюється завдяки застосуванню концепцій побудови гнучкої архітектури підприємства, де інформаційні потоки, програми та бізнес-процеси оптимізуються для забезпечення високої адаптивності підприємства до ринкових змін.

Для узагальнення впливу ключових IT-механізмів на прибутковість підприємства наведемо таблицю 1.

Таблиця 1

Вплив інформаційних технологій на складові прибутковості підприємства

IT-механізм	**Напрям впливу**	**Ефект для прибутковості**
CRM-системи	Управління клієнтською базою	Зростання конверсії, повторних продажів
BI-аналітика	Оптимізація управлінських рішень	Зменшення витрат, підвищення маржинальності
Прогнозні моделі	Моделювання попиту	Скорочення надлишкових запасів і втрат
Інформаційне злиття	Підтримка прийняття рішень	Підвищення точності та швидкості рішень
IT-архітектура	Інтеграція бізнес-процесів	Зростання операційної ефективності

Джерело: розроблено автором

Становлення ефективної IT-орієнтованої системи збуту потребує подолання певних бар’єрів. Найпоширенішими з них є висока вартість впровадження програмних рішень, недостатня кваліфікація персоналу, низька якість вихідних даних та опір змінам. Успішна цифрова трансформація системи реалізації продукції можлива лише за умови комплексного підходу, який поєднує технічні рішення із розвитком компетентностей персоналу та удосконаленням бізнес-процесів [2; 4].

Висновки. Інформаційні технології відіграють ключову роль у формуванні сучасної системи управління реалізацією продукції та виступають стратегічним інструментом забезпечення прибутковості підприємства. Використання CRM-систем, BI-аналітики, прогнозного моделювання та методів інформаційного злиття дає змогу підвищувати точність управлінських рішень, оптимізувати витрати, підвищувати ефективність роботи з клієнтами та підсилювати конкурентні позиції підприємства. Ефективне застосування інформаційних технологій у сфері реалізації вимагає комплексного підходу, що включає модернізацію IT-інфраструктури, розвиток компетенцій персоналу та інтеграцію інформаційних систем у стратегічне управління підприємством. Таким чином, інформаційні технології стають ключовим фактором сталого розвитку та довгострокової прибутковості підприємств.

Перелік джерел посилання

1. Богашко О. Л. Використання сучасних цифрових технологій у маркетингу. Актуальні проблеми маркетингового менеджменту в умовах інноваційного розвитку економіки [Електронне видання] : Матеріали VIII Міжнародної наук.-практ. конф. здобувачів та молодих вчених (Луцьк, 26 березня 2021 р.) / відп. ред. Войтович С. Я. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. С. 309–311. https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/13599/1/Vykorystannia_suchasnykh.pdf

2. Богашко О. Л. Діджиталізація бізнес-процесів підприємства. Вдосконалення фінансово-кредитного механізму забезпечення інноваційного розвитку аграрного сектору економіки, сільських територій України та країн V-4. Improvement of the financial and credit mechanism for ensuring innovative development of the agricultural sector of economy, rural territories of Ukraine and countries V-4: збірник тез міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Дубляни, 2 червня 2022 р.). Частина ІІ. Дубляни: ЛНУП, 2022. С. 218–220. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/handle/123456789/14753

3. Космідайло І. В., Рудченко О. Ю. Управління суб'єктами господарювання державного сектору : монографія. Умань : Видавець «Сочінський», 2012. 200 с.

4. Кузьменко О., Сергєєва О., Орлова В. Використання інформаційних систем в управлінні торговельним підприємством: оцінка ефективності та перспективи впровадження. Економіка та суспільство. 2025. № 74. С. 156–170. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-156

5. Поліщук С., Пятаченко С. Вплив інноваційних технологій на прибутковість підприємств агропромислового комплексу. Економіка та суспільство. 2022. № 38. С. 73–86. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-73

6. Bhimani A. L. Accounting Disrupted: How Digitalization is Changing Finance. Oxford: Oxford University Press, 2021. 116 p.

УДК 004.42:519.8

Козуб Д. С.,
магістрант 2 курсу спеціальності «Інформаційні системи та технології»

Мельников О. Ю.,
к.т.н., доцент, в. о. зав. каф. інтелектуальних систем прийняття рішень

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА РІВЕНЬ ЗАХВОРЮВАНОСТІ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна

Інфекційні захворювання становлять одну з найпоширеніших груп хвороб, що виникають унаслідок проникнення в організм людини патогенних мікроорганізмів. Потрапляючи всередину, вони чинять токсичний вплив на органи та системи, спричиняючи розвиток тієї чи іншої інфекції. Одним із наймасштабніших викликів сучасної медицини стала пандемія коронавірусної хвороби 2019 року (COVID-19), спричинена вірусом SARS-CoV-2. Спалах цього захворювання було зафіксовано у грудні 2019 року в місті Ухань провінції Хубей (КНР), після чого він швидко поширився світом. 11 березня 2020 року Всесвітня організація охорони здоров'я офіційно визнала COVID-19 пандемією [1-2].

Автори розглядали проблему аналізу впливу різних факторів на рівень захворюваності під час пандемії, поставили задачу розрахунку ефективності протиепідемічних заходів та виконали її розв'язання у середовищі мови програмування та аналізу даних R [3].

Далі було поставлено задачу інтегрувати нову модель в наявний програмний додаток – інформаційну систему для моніторингу вакцинації та оцінювання ефективності протиепідемічних

заходів [4-5]. Для створення інформаційної моделі оновленого програмного забезпечення використаємо мову UML [6]. На рис. 1 наведено діаграму варіантів використання, на рис. 2 – діаграму класів, на рис. 3 – діаграму діяльності. Наступним етапом є реалізація нової моделі в середовищі програмування.

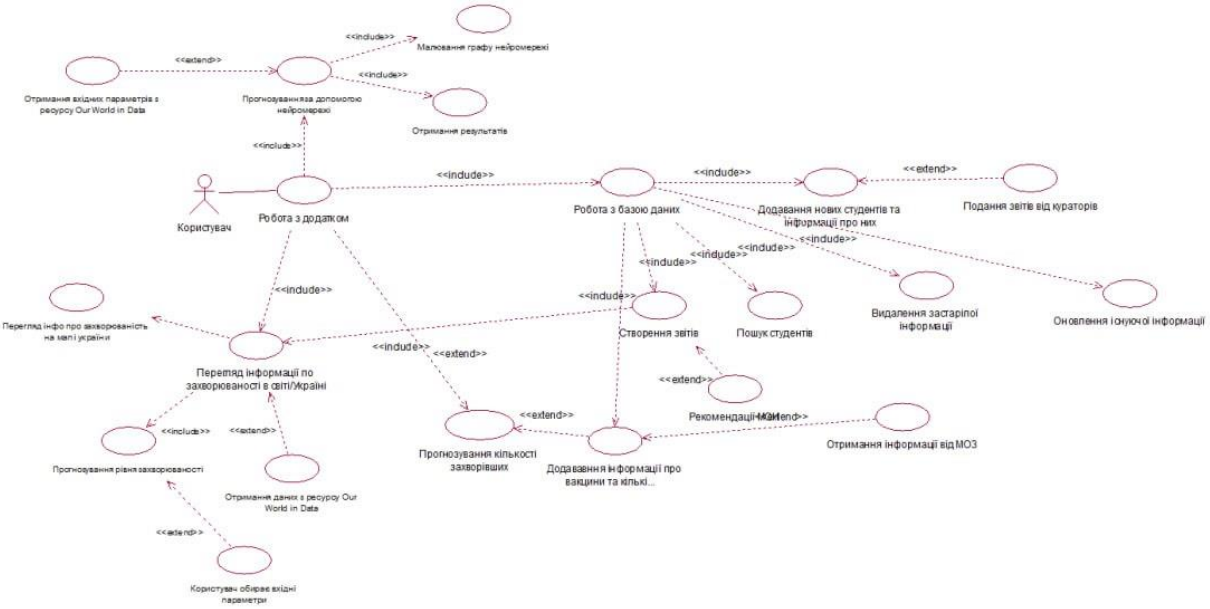


Рисунок 1. Діаграма варіантів використання

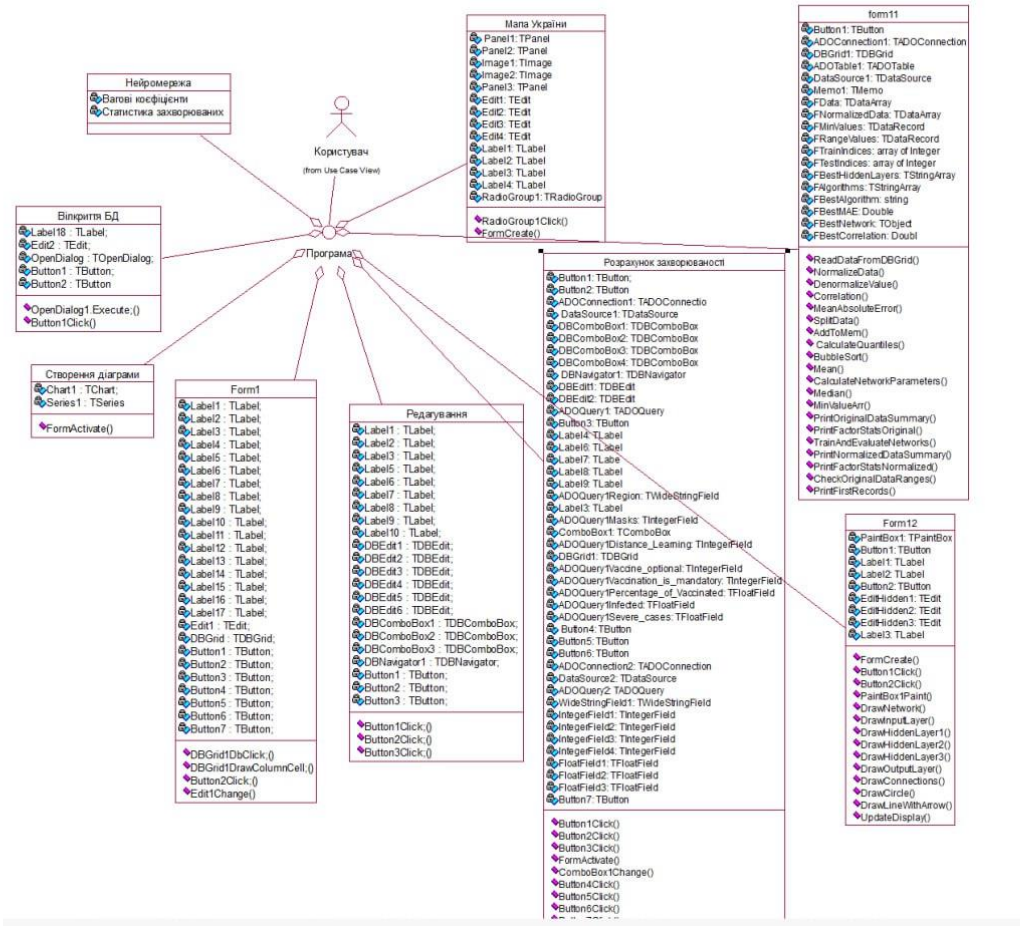


Рисунок 2. Діаграма класів

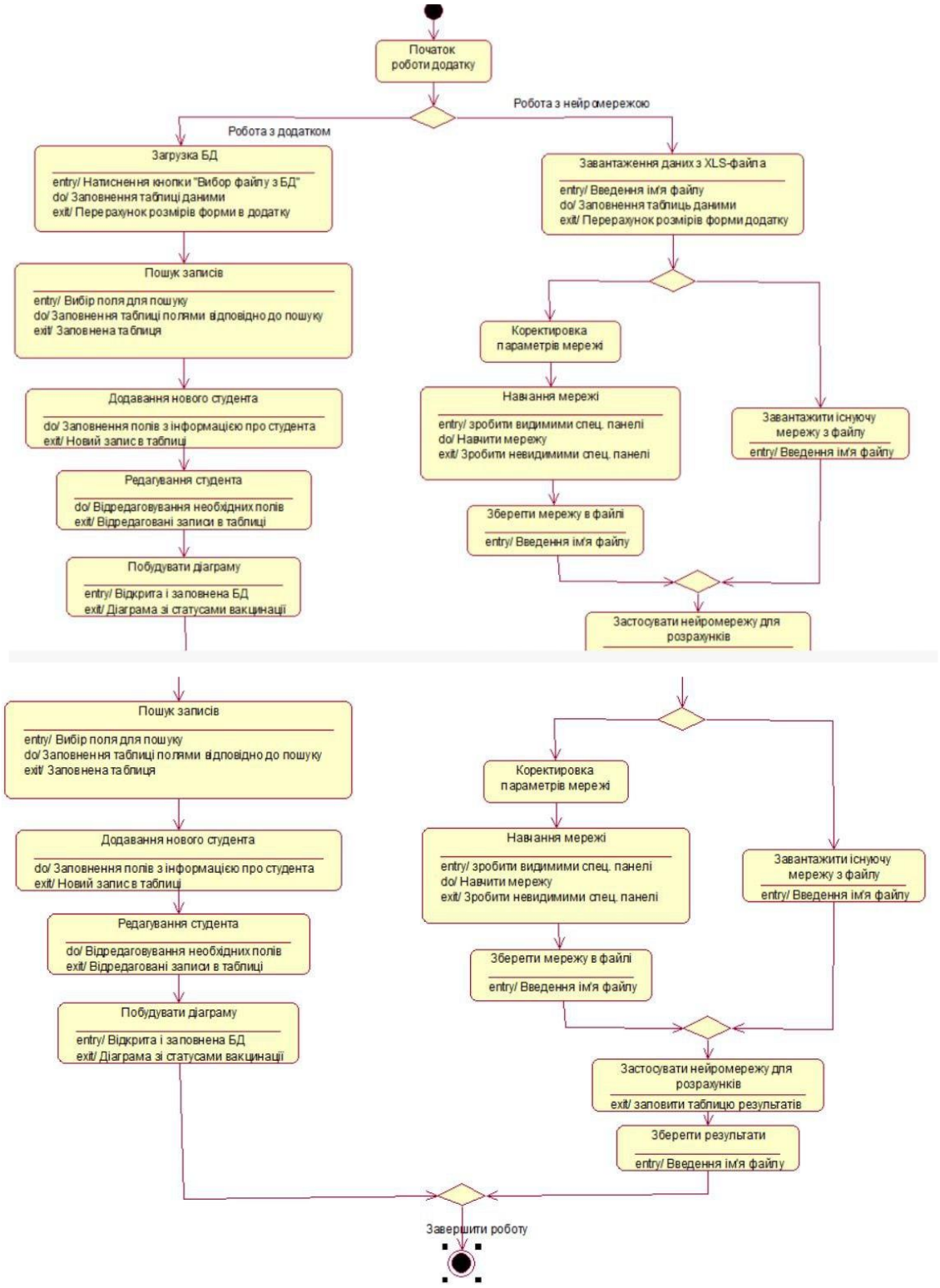


Рисунок 3. Діаграма діяльності

Перелік джерел посилання

1. Інфекційні хвороби. Дніпровський Центр громадського здоров'я [Електронний ресурс]. URL: https://dniprophc.com.ua/gromadyanam/profilakika-zahoruvan/%D1%96nfekc%D1%96jn%D1%96-hvorobi/. – Дата звернення: 19.11.2025.

2. COVID-19 Pandemic — Review and Analysis. PubMed Central (PMC) [Електронний ресурс]. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7173549. – Дата звернення: 19.11.2025.

3. Мельников О. Ю., Козуб Д. С. Дослідження впливу різних факторів на рівень захворюваності під час пандемії за допомогою штучних нейронних мереж і мови програмування

та аналізу даних R. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». Харків: НТУ «ХПІ», 2025. № 1 (13). С. 40-45. DOI: https://doi.org/10.20998/2079-0023.2025.01.06

4. Мельников О. Ю., Козуб Д. С. Об'єктно-орієнтоване проєктування програмного забезпечення для оцінювання ефективності протиепідемічних заходів та прогнозування зміни відсотка інфікованих та перенесених хвороб у тяжкій формі. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. Черкаси, 2023. С. 67-69.

5. Мельников О. Ю., Козуб Д. С. Інформаційна система для моніторингу вакцинації та оцінювання ефективності протиепідемічних заходів. Інформаційні технології та цифрова економіка: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції / М-во освіти і науки України; Державний університет інфраструктури та технологій. Київ: Видавничий центр ДУІТ, 2023. С. 103-105.

6. Мельников О. Ю. Об'єктно-орієнтований аналіз і проєктування інформаційних систем: посібник для студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології». Вид. 3-є, перероб. та доп. Краматорськ: ДДМА, 2020. 208 с.

УДК 004.9:336.76

Корнієнко О. С.,
аспірант кафедри програмних засобів і технологій

Козуб Н. О.,
кандидат технічних наук, доцент

ЕМПІРИЧНА ОЦІНКА «ТОЧКИ НАСИЧЕННЯ» ДИВЕРСИФІКАЦІЇ В ETF-ПОРТФЕЛЯХ ДЛЯ ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Класична теорія портфеля доводить, що збільшення кількості активів знижує несистематичний ризик [1], а оцінювання ефективності через відношення «надлишкова дохідність/ризик» стандартизоване коефіцієнтом Шарпа та CAPM [2]. Водночас у практиці інвестора зростання кількості позицій підвищує витрати управління (комісії, ліквідність, час) і не завжди дає додаткову вигоду. Потрібні відтворювані правила, що вкажуть, коли «більше активів» уже не покращує співвідношення ризик/дохідність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Емпіричні роботи дають широкий діапазон «достатньої» кількості активів: від 8–10 до 30–50+ залежно від кореляцій, вибірки та критерію достатності [5; 6]. Для побудови портфелів застосовують mean–variance-оптимізацію та інтеграцію «поглядів» інвестора (Black–Litterman) [3], а також факторні моделі Fama–French для інтерпретації джерел дохідності й ризику [4]. Для стабілізації оцінок коваріацій у багатовимірних задачах рекомендовані shrinkage-методи Ledoit–Wolf [8]. Поведінкові аспекти пояснюють, чому інвестори часто надмірно ускладнюють портфелі [7].

Постановка задачі

Емпірично визначити діапазон кількості активів nnn, після якого маргінальна користь від додавання ETF (передусім за Sharpe) стає економічно невиправданою, і показати залежність «оптимального» nnn від структури класів активів та ризик-профілю інвестора.

Виклад основного матеріалу

Сформовано два набори ETF: (A) «довга історія» (≥15 інструментів із котируваннями від початку 2000-х) та (B) «розширений» (20–25 інструментів на коротшому інтервалі). Дані агрегуються до щомісячних лог-повернень; інструменти з надлишковими пропусками відсіюються. Для кожного $n \in [2;50]$ генеруються тисячі випадкових портфелів з рівноважними та випадковими

вагами (нормалізація до 1). Обчислюються річні дохідність, волатильність, Sharpe та максимальна просадка. Для стабілізації коваріацій застосовано оцінювач Ledoit–Wolf [8]; аналізуються підперіоди (у т. ч. 2008 і 2020), частоти ребалансування й транзакційні витрати. Для порівняння використовуються mean–variance та Black–Litterman [3], а також факторна інтерпретація результатів у дусі Fama–French [4].

Для інтуїтивної ілюстрації ефекту диверсифікації подано аналітичну залежність Sharpe рівноважного портфеля від n за припущень однакових μ, σ та сталої кореляції ρ (див. формулу (1)).

$$\sigma_p=\sigma\sqrt{p+\frac{1-p}{n}},\ \text{Sharpe}(n,\rho)=\frac{\mu}{\sigma_p} \quad (1)$$

Криві для ρ=0.2 і ρ=0.4, обчислені за формулою (1), демонструють швидке зростання Sharpe при переході від 1 до ~10 активів і подальше «насичення», що узгоджується з класичною логікою [1; 5; 6].

Науковий внесок полягає у поєднанні кількості позицій і класової структури в одній експериментальній рамці з однорідним інструментарієм ETF та у фокусі на інженерних, відтворюваних правилах для продуктового застосування. Практичний результат — набір рекомендацій: орієнтовні інтервали n для консервативних/помірних/агресивних інвесторів, типові «core–satellite» конфігурації, а також вказівки, коли «більше активів уже не краще». Такі правила інтегруються в модуль автоматизованих рекомендацій: після адаптивного опитування ризик-профілю система пропонує кількість і типи ETF з урахуванням «точки насичення» та користувацьких обмежень.

Рисунок 1 слугує теоретичним орієнтиром; у статті буде зіставлено його з емпіричними симуляціями для двох наборів ETF (A і B), оцінюючи, наскільки «точка насичення» за даними наближається до аналітичного прогнозу.

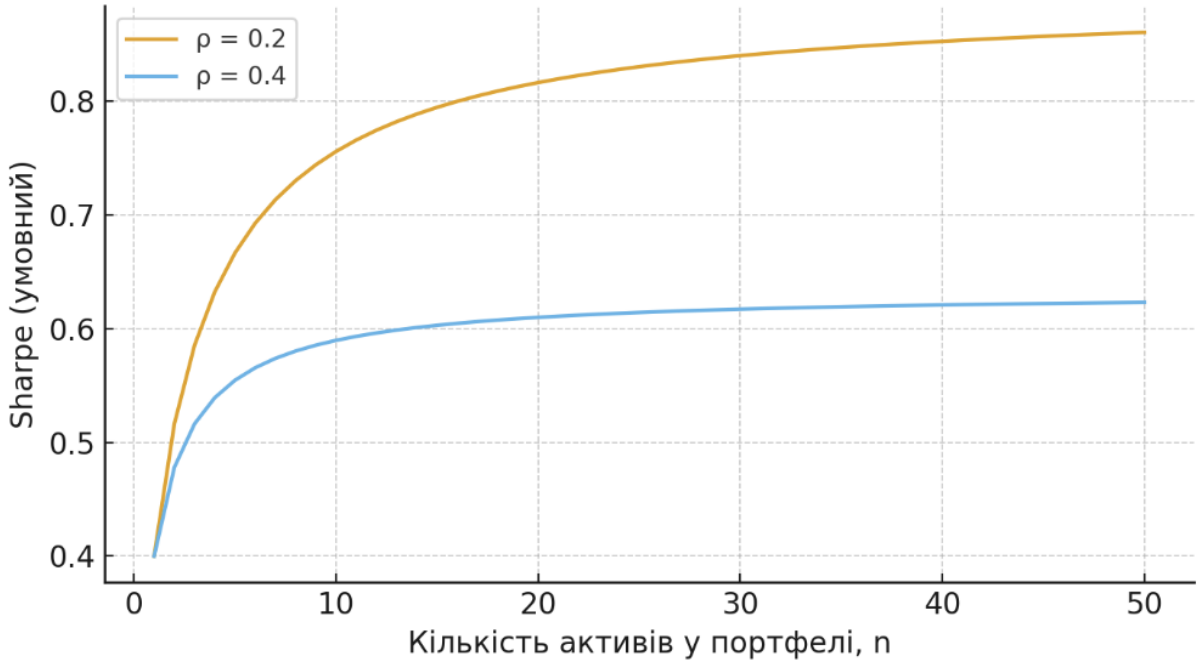


Рисунок 1. Ілюстративна крива “Sharpe vs n” для рівноважного портфеля за μ=6%, σ=15% і сталої кореляції ρ∈{0.2, 0.4}

Висновки

Проведені пілотні симуляції показали швидке зростання Sharpe при переході від 1 до ≈10 активів і подальше «насичення»; практично виправданий діапазон — близько 8–12 позицій залежно від кореляційної структури. Запропонована рамка вже придатна для інтеграції у модуль автоматизованих рекомендацій (core–satellite конфігурації, інтервали n під різні ризик-профілі) та масштабування на розширений універс ETF.

Перелік джерел посилання

1. Markowitz H. Portfolio Selection. Journal of Finance, 1952.
2. Sharpe W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. Journal of Finance, 1964.
3. Black F., Litterman R. Global Portfolio Optimization. Financial Analysts Journal, 1992.
4. Fama E. F., French K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. J. Financial Economics, 1993; A five-factor asset pricing model, 2015.
5. Evans J. L., Archer S. H. Diversification and the Reduction of Dispersion. Journal of Finance, 1968.
6. Statman M. How Many Stocks Make a Diversified Portfolio? J. Financial and Quantitative Analysis, 1987.
7. Shefrin H., Statman M. Behavioral Portfolio Theory. JFQA, 2000.
8. Ledoit O., Wolf M. A well-conditioned estimator for large-dimensional covariance matrices. J. Multivariate Analysis, 2004.

УДК 004.412:519.237.5

Латанська Л. О.,
к.ф.-м.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

Корнієнко А. М.,
студент 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Системний аналіз»

Шалапко Д. О.,
студент 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Інформаційні управляючі системи та технології»

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна

Оцінювання якості програмних систем (ПС), що створюються з використанням штучного інтелекту, є перспективним напрямом досліджень. Це зумовлено поєднанням двох ключових факторів: по-перше, традиційною потребою максимізації бізнес-результатів за рахунок скорочення часу розробки та підвищення ймовірності успіху, по-друге, активним використанням інструментів штучного інтелекту в процесі створення програмного забезпечення.

У науковій літературі представлені різні підходи до оцінювання якості ПС. Серед них можна виділити метричний аналіз, що характеризується об’єктивністю та відтворюваністю результатів. Для оцінювання якості об’єктно-орієнтованих систем широко застосовуються СК метрики, в тому числі RFC (відгук класу), CBO (зчеплення між класами) та WMC (зважені методи класу) [1]. Традиційно ці метрики аналізуються окремо. Проте комплексний аналіз взаємозалежних метрик дозволяє більш точно оцінювати якість ПС. У [2] запропоновано для оцінювання якості застосувати довірчі та прогнозні інтервали нелінійної регресії для метрики RFC на рівні застосунку залежно від CBO та WMC. Використання нелінійної регресії обумовлено тим, що емпіричні дані тільки в окремих випадках мають гаусівський розподіл.

Так як не знайдено математичну модель для оцінювання якості ПС, що створюються з використанням штучного інтелекту, то в роботі запропоновано адаптувати методику з [2] для проєктів вказаного типу.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

– зібрати дані з метрик RFC, CBO та WMC на рівні застосунків із проєктів, які створені з використанням штучного інтелекту, та виконати їхню передобробку;

– побудувати нелінійну регресійну модель для метрики RFC через метрики CBO та WMC;

– побудувати довірчі та прогнозні інтервали нелінійної регресії для метрики RFC;

– застосувати методику з [2] для оцінювання якості ПС, які створені з використанням штучного інтелекту.

Для проведення дослідження на ресурсі GitHub (https://github.com) відібрано 47 проєктів, створених із використанням штучного інтелекту. За цими проєктами зібрані значення з метрик RFC, CBO та WMC на рівні застосунку. Дані перевірено на нормальність розподілу та виявлено, що дані не нормально розподілені. Після нормалізації даних із використанням нормалізуючого перетворення десятковий логарифм, виконано перевірку даних на наявність викидів із використанням квадрату відстані Махаланобіса [3]. Викидів не виявлено, отже набір нормалізованих даних із 47 проєктів буде використано для подальших досліджень.

На наступних етапах дослідження планується побудувати нелінійну регресійну модель для нормалізованих даних, побудувати довірчі та прогнозні інтервали нелінійної регресії, визначити якість побудованої моделі, використати методику з [2] для оцінювання якості проєктів, розроблених із використанням штучного інтелекту.

Перелік джерел посилання

1. Chidamber S. R., Kemerer C. F. A metrics suite for object oriented design // IEEE Transactions on Software Engineering. 1994. Vol. 20, No. 6. P. 476–493. DOI: 10.1109/32.295895

2. Prykhodko S., Prykhodko N. A technique for detecting software quality based on the confidence and prediction intervals of nonlinear regression for RFC metric // Computer Sciences and Information Technologies (CSIT): proceedings of the 2022 IEEE 17th International Conference. Lviv, Ukraine, 2022. P. 499–502. DOI: 10.1109/CSIT56902.2022.10000532.

3. Prykhodko S., Prykhodko N., Makarova L., Pukhalevych A. Application of the Squared Mahalanobis Distance for Detecting Outliers in Multivariate NonGaussian Data. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, February 20–24 2018. P. 962– 965. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336353

УДК 004.9:004.67

Латанська Л. О.,
к.ф.-м.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

Чорна Л. О.,
студентка 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Інформаційні управляючі системи та технології»

Кручених Г. О.,
студентка 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Інформаційні управляючі системи та технології»

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ФОНДУ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ ВИКЛАДАЧІВ ЗВО

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Україна

Автоматизація розрахунку навчального навантаження та фонду заробітної плати викладачів є актуальною задачею для закладів вищої освіти, оскільки ці операції залишаються одними з найбільш трудомістких та ресурсоємних у системі управління навчальним процесом. Ручне виконання відповідних операцій супроводжується значними часовими витратами, високою ймовірністю помилок у плануванні та фінансових розрахунках, а також складністю подальшого аналізу даних.

Потребу в автоматизації підтверджують наукові дослідження, які вказують на важливість використання інформаційних технологій для підвищення точності та ефективності управління навчальним процесом [1].

У науковій літературі представлено низку підходів до автоматизації планування навчального навантаження та розрахунку фонду заробітної плати викладачів [2, 3].

Водночас аналіз існуючих рішень показує, що наявні системи часто:

– вузькоспеціалізовані;

– не враховують специфіку організації навчального процесу конкретного ЗВО;

– мають обмежені можливості коригування індивідуальних нормативів;

– не підтримують багатоетапне збереження проміжних результатів;

– не забезпечують достатньо розвиненої системи контролю даних та розмежування прав доступу;

– не забезпечують повного циклу обліку – від вибору дисциплін до розрахунку фонду заробітної плати викладачів.

Саме тому виникає необхідність розроблення власної програмної системи, яка відповідатиме внутрішнім регламентам, особливостям навчального процесу, структурам навчальних планів, прийнятим у ЗВО, та забезпечуватиме повну автоматизацію як обліку, так і аналітики навчального навантаження, а також розрахунку фонду заробітної плати викладачів.

На підставі аналізу сучасних підходів сформульовано вимоги до розроблюваної системи: кросплатформеність, гнучкий адаптивний інтерфейс, розширені можливості перевірки даних і сортування, розвинена система повідомлень про помилки, розмежування прав доступу, поетапне збереження результатів для аналізу, щоденне резервне копіювання, підвищення оперативності розрахунків та мінімізація ризиків помилок.

Розроблювана програмна система включає функції ведення та аналізу даних, вибору дисциплін, розрахунку показників за нормативами з можливістю коригування, обчислення навантаження та фонду заробітної плати, а також генерації аналітичних звітів.

Очікуваним результатом впровадження програмної системи є підвищення точності, швидкості та прозорості розрахунків, оптимізація управлінських процесів і загальне підвищення ефективності організації навчального процесу в закладі вищої освіти.

Перелік джерел посилання

1. Григорович М. І. Інформаційна система для автоматизації обліку навчального навантаження викладача кафедри // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2016. URL: https://ena.lpnu.ua/items/3f2fa7d7-2f4e-4240-9207-fe7b48256df7

2. Shevchuk V. Optimization model for distributing teacher workload using genetic algorithms // Bulletin of Lviv Polytechnic National University. 2019. URL: https://ena.lpnu.ua/items/1b4a7b58-ee2a-4173-b4e1-342190655c02

3. Коцюк І., Білоцький А. Інформаційна технологія планування і моніторингу обсягів навчальної роботи у ВНЗ // Управління розвитком складних систем. 2013. № 13. С. 136-142. URL: https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-13/136-142.pdf

УДК 004.8:641.5

Лузанчук О. С.,
студент 2 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Цифрові технології в енергетиці»

Михайлова І. Ю.,
к.т.н, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці

МЕТОДИ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ПЛАНУВАННЯ РАЦІОНІВ ХАРЧУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

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

Постановка проблеми

У сучасному інформаційному середовищі, де користувачі щоденно взаємодіють з великим обсягом контенту, ефективне планування раціону харчування залишається рутинним і трудомістким завданням. Існуючі сервіси для створення меню або обмежуються статичними базами даних рецептів, або не забезпечують інструментів для персоналізованого генеративного підходу. Більшість користувачів не мають змоги швидко отримати адаптовані під себе рецепти, розподілити їх у календарі, врахувати кількість порцій та автоматично сформувати зведений список покупок.

Окремою проблемою є відсутність інтегрованих рішень, що поєднують генерацію кулінарного контенту на основі запиту, його редагування, візуальне планування прийомів їжі та побудову списку інгредієнтів із врахуванням потреб конкретного користувача. Існуючі генеративні моделі (наприклад, GPT-типу) мають значний потенціал для вирішення цієї проблеми, проте потребують адаптації, структуризації виводу та безперебійної взаємодії з інтерфейсом застосунку.

Отже, виникає потреба у створенні комплексного веб-застосунку, що вирішує зазначені проблеми за рахунок об'єднання інструментів штучного інтелекту, сучасного клієнтського інтерфейсу та оптимізованої логіки планування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останні роки ознаменувалися зростанням інтересу до застосування генеративного ШІ у сфері харчування. Дослідження Yu et al. представило модель RGM (Routing Enforced Generative Model), яка дозволяє створювати рецепти на основі заданих інгредієнтів і стилю страви, демонструючи високі показники точності та релевантності згенерованих інструкцій [1]. У роботі [2] було розглянуто застосування ChatGPT для автоматизованого складання дієтичних планів, де автори

дійшли висновку, що модель здатна ефективно генерувати рецепти, проте потребує людського контролю через можливі неточності.

Загальний огляд напрямку AI-рецептур дає стаття [3], яка систематизує архітектурні підходи до генерації інгредієнтів, покрокових інструкцій і узгодження між ними. У роботі [4] розглянуто застосування трансформерів у персоналізованому харчуванні, особливо підкреслюючи значення промпт-інженерії та перевірки відповідності даних у контексті здоров'я користувача.

Окреме місце займають дослідження з використанням мультиформатного виводу (JSON, таблиці, візуалізації), як це описано у [5], що має особливе значення для фронтенд-реалізації подібних рішень. Загалом аналіз показує, що сучасні моделі, як-от GPT-4, продемонстрували здатність до комплексної генерації текстів, але їх інтеграція у побутові цифрові продукти вимагає створення проміжного рівня валідації, UI-адаптації та логічного планування дій, що й реалізовано в межах цього проєкту.

Постановка задачі

Процес щоденного планування раціону вимагає значних часових витрат і часто супроводжується відсутністю натхнення, неузгодженістю рецептів із наявними продуктами або відсутністю системного підходу до покупок. Більшість існуючих сервісів не враховують потреби персоналізації, не забезпечують адаптацію рецептів під задану кількість порцій, а також не мають можливості інтеграції з генеративними мовними моделями для створення нових страв у структурованому форматі.

Таким чином, перед розробкою постає задача створити універсальний веб-застосунок, який інтегрує в собі сучасні можливості генеративного ШІ (GPT-моделі), фронтенд-інструменти (React, @dnd-kit/core), локальне збереження даних (localStorage) та логіку планування раціонів через drag-and-drop календар. Застосунок повинен бути придатним для повсякденного використання, простим в інтеграції, розгортанні, а також адаптивним під персональні вподобання користувача.

Виклад основного матеріалу

У рамках реалізації інтелектуального застосунку для генерації рецептів було досліджено ефективність кількох генеративних мовних моделей. Основна мета — визначити, яка з них найкраще підходить для створення структурованих кулінарних інструкцій на основі запиту користувача. У фокусі дослідження — якість відповіді, стабільність формату, підтримка структури JSON, можливість масштабування та економічна доцільність (вартість).

Результати порівняння мовних моделей представлені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, найкращі результати щодо балансу швидкодії, якості та стабільності формату демонструє GPT-4o mini, яка й була обрана як основна модель для інтеграції у застосунок "МенюМеню". Інші моделі, зокрема Gemini та Claude, мають потенціал для використання в окремих сценаріях, але менш оптимальні для швидкої генерації повсякденного раціону.

На рисунку 1 подано діаграми порівняння ШІ моделей для генерації рецептів.

Таблиця 1

Порівняння мовних моделей для генерації рецептів

Назва моделі	Якість генерації	Швидкість відповіді	Стабільність JSON	Підтримка мультимодальності	Вартість використання	Примітки
GPT-4o mini	Висока	Висока	Висока	Так	Середня	Оптимальна для щоденних запитів
Claude 3 Haiku	Висока	Середня	Середня	Частково	Висока	Добре працює з описами інгредієнтів
DeepSeek V2	Середня	Висока	Нестабільна	Ні	Низька	Погано працює з JSON
Mistral Medium	Середня	Висока	Середня	Ні	Дуже низька	Швидка, потребує жорсткої валідації
Gemini 1.5 Pro	Висока	Повільна	Висока	Так (зображення)	Висока	Підходить для складних запитів, дорога

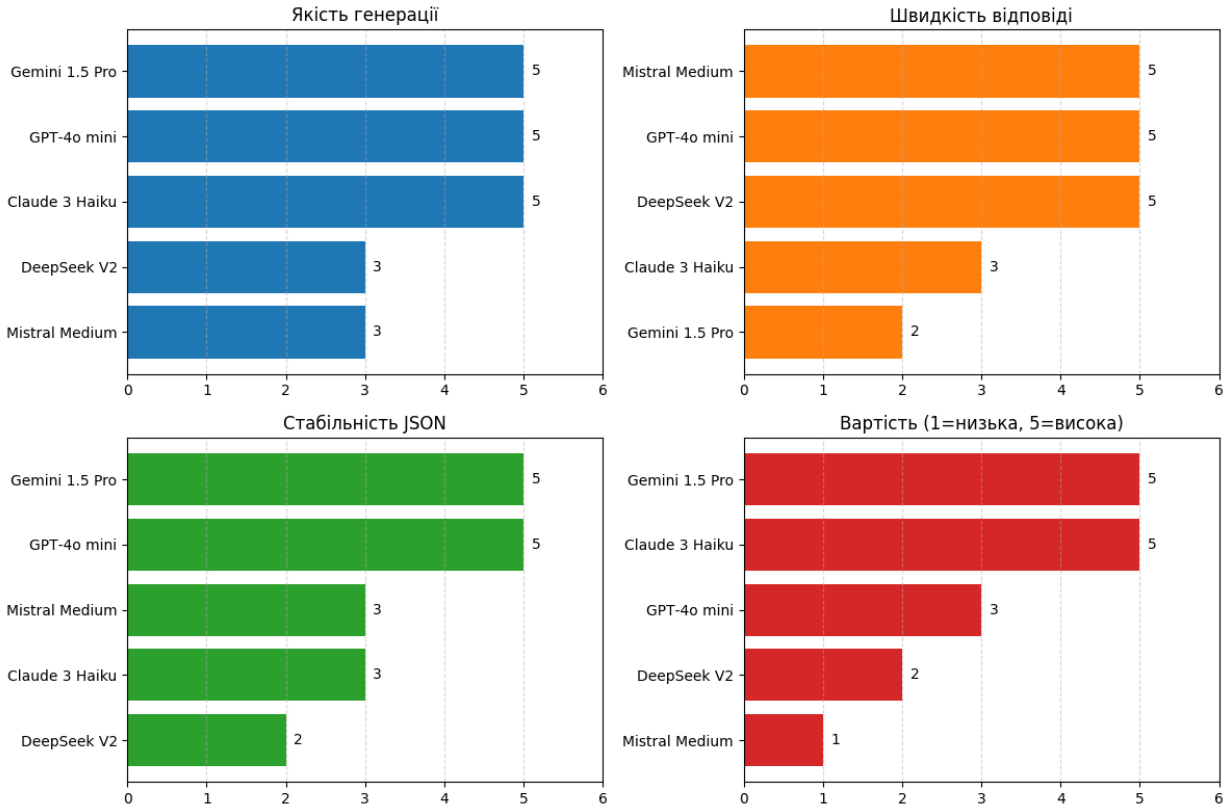


Рисунок 1 – Порівняльна діаграма оцінки моделей ШІ

Загалом, GPT-4o mini продемонстрував високі результати за всіма параметрами, крім ціни, яка залишилась середньою. Gemini 1.5 Pro має найкращу якість і стабільність, але при цьому є повільною та дороговартісною. Моделі Mistral Medium та DeepSeek V2 показали хорошу швидкість, але поступаються в стабільності та якості.

Висновки

Розроблено вебзастосунок, який використовує технології штучного інтелекту для автоматизованого планування раціонів та генерації кулінарних рецептів із дотриманням побажань користувача. Система підтримує введення природною мовою та реалізує адаптивну генерацію рецептів відповідно до обмежень — кількості порцій, інгредієнтів або бюджету. Порівняльний аналіз дозволив обрати оптимальну мовну модель GPT-4o mini, що забезпечує високу якість тексту, стабільний JSON-вивід та швидкий час генерації при адекватній вартості.

Модуль формування списку покупок автоматично агрегує інгредієнти з урахуванням кількості порцій, а AI-фільтрація дозволяє скоригувати список за алергенами або вподобаннями. Інтерфейс побудовано на React з використанням drag-and-drop бібліотеки для календарного планування. Подальші напрями розвитку включають генерацію меню на тиждень за коротким промптом, синхронізацію з мобільними додатками та покращену UX-аналітику для персоналізації досвіду користувача.

Перелік джерел посилання

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems: матеріали конференції. – 2017. – Vol. 30. – P. 5998–6008.

2. Android Developers Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://developer.android.com/ (дата звернення 18.09.2025).

3. Groq API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://console.groq.com/docs (дата звернення 25.09.2025).

4. Google AI for Developers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ai.google.dev/ (дата звернення 02.10.2025).

5. OpenAI API Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://platform.openai.com/docs (дата звернення 07.10.2025).
6. Mistral AI Models Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.mistral.ai/ (дата звернення 09.10.2025).
7. Claude 3 by Anthropic [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.anthropic.com/index/claude (дата звернення 12.10.2025).
8. DeepSeek V2 Technical Report [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://deepseek.com/research (дата звернення 13.10.2025).

УДК 004.412:519:237.5

Малюк А. С.,
студентка 2 курсу освітнього ступеню магістр спеціальності «Системний аналіз»

Надточий Т. М.,
студентка 2 курсу освітнього ступеню магістр спеціальності «Інформаційні системи та технології»

Макарова Л. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ E-COMMERCE, ЩО СТВОРЮЮТЬСЯ МОВОЮ JAVA

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

За даними TIOBE Index за листопад 2025 року, не зважаючи на відсутність зростаючої популярності, Java зберігає сильну позицію, залишаючись у топ-4 найпопулярніших мов [1]. За результатами опитування Stack Overflow Developer Survey 2025, Java використовується у 29,4% респондентів, що робить її однією з найбільш поширених мов програмування [2].

У 2025 році Java залишається однією з провідних мов програмування для автоматизації тестування, особливо в корпоративних та e-commerce проєктах. Приблизно 30–40 % QA-фахівців використовують Java для автоматизованого тестування, що робить її однією з найпопулярніших мов у цій сфері [3]. Для кількісної оцінки якості програмних систем, побудованих на Java, доцільно застосовувати регресійні моделі, які враховують специфіку мови.

Таким чином, мета цієї роботи – побудова математичної моделі, яка базується на метриках RFC, CBO, WMC, із нормалізацією даних для автоматизації прийняття рішень щодо якості програмних систем e-commerce, що створюються мовою Java.

Для побудови математичної моделі з репозитарію з відкритим доступом GitHub було відібрано 36 програмних систем e-commerce, створених мовою Java [4]. Далі були обрані метрики для побудови нелінійної регресійної моделі. В якості незалежних змінних були обрані такі метрики: CBO (Coupling Between Object classes) – зв’язаність між класами об'єктів (X_1) та WMC (Weighted Methods per Class) – зважені методи на клас (X_2). В якості залежної змінної використана метрика RFC (Response For a Class) – відповідь для класу (Y). Потрібно зауважити, що всі три метрики відносяться до набору метрик Чидамбера та Кемерера - одного з базових та найпоширеніших для об`єктно-орієнтованого проєктування [5].

В якості нормалізуючого перетворення було використано перетворення на основі десяткового логарифму. Зібрані емпіричні дані було перевірено на викиди за допомогою квадрату відстані Махаланобіса згідно з [6], в результаті чого сім знайдених викидів було виключено з набору даних для подальшої побудови моделі.

В результаті була побудована двохфакторна нелінійна регресійна модель, яка має наступний вигляд:

$$Y = 10^{\varepsilon 0,5274} X_1^{0,0739} X_2^{0,4719}.$$

Параметри якості моделі були перевірені за такими показниками: R^2, *MMRE*, *Pred*(0,25), які мають відповідні значення: 0,91; 0,10; 1,00, що говорить про прийнятну якість побудованої моделі.

Таким чином, мета даної роботи, а саме: автоматизація прийняття рішень щодо якості програмних систем e-commerce, що створюються мовою Java за рахунок побудови математичної моделі, яка базується на метриках RFC, CBO та WMC, із нормалізацією даних досягнута.

В подальшому на основі побудованої моделі планується розробка відповідної програми для автоматизації прийняття рішень щодо якості програмних систем e-commerce, що створюються мовою Java.

Перелік джерел посилання

1. TIOBE Index for November 2025. URL: https://www.tiobe.com/tiobe-index/ (дата звернення: 18.11.2025).

2. Most popular technologies. URL: https://survey.stackoverflow.co/2025/technology? (дата звернення: 18.11.2025).

3. Leading programming languages: a summary. URL: https://www.itransition.com/developers/in-demand-programming-languages? (дата звернення: 18.11.2025)

4. A code hosting platform for version control and collaboration GitHub. URL: https://github.com/ (дата звернення: 18.11.2025).

5. Shyam R. Chidamber, Chris F. Kemerer. Object-Oriented Metrics Suite. URL: https://www.aivosto.com/project/help/pm-oo-ck.html (дата звернення: 18.11.2025).

6. Prykhodko S., Prykhodko N., Makarova L., Pukhalevych A. Application of the Squared Mahalanobis Distance for Detecting Outliers in Multivariate Non-Gaussian Data. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). Lviv-Slavske, 2018. P. 962-965.

УДК 658:004

Марков В. С.,
аспірант
спеціальності 051 «Економіка»
ОНП «Економіка»

ФОРМУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Постановка проблеми. У сучасному глобалізованому й цифровому світі підприємства дедалі частіше стикаються з необхідністю трансформувати свою стратегію розвитку під впливом новітніх технологій. Цифрова трансформація змінює бізнес-моделі, організаційну структуру, способи управління ресурсами та процесами. Традиційні механізми стратегічного управління, які сформувалися за доби індустріальної економіки, часто виявляються недостатньо гнучкими або застарілими, аби реагувати на стрімкі технологічні зміни. Це ставить проблему в тому, як сформувати *організаційно-економічний механізм*, здатний забезпечити стратегічний розвиток підприємства в умовах цифрової трансформації, водночас зберігаючи стабільність та конкурентоспроможність.

Без належного механізму підприємства ризикують зазнавати стратегічних провалів: не встигають інтегрувати цифрові інновації, витрачають ресурси на неефективні проєкти, втрачають

конкурентні переваги. Таким чином, науково-практична задача полягає в розробці такого підходу до організаційно-економічного механізму, який поєднує трансформаційні ІТ-рішення, фінансові засоби та управлінські практики для підтримки довгострокового стратегічного розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження в галузі менеджменту та цифрової трансформації надають ґрунтовну базу для аналізу організаційно-економічного механізму стратегічного розвитку. О. Попело та О. Самойлович [5] у своїй праці досліджують механізм цифрової трансформації промислових підприємств, запропонувавши три ключові блоки інструментів: управлінські, фінансування та технічна підтримка. Їхній підхід підкреслює, що ефективність трансформації визначається не лише технологіями, а й системною організаційною структурою та фінансовим забезпеченням.

І. Рибак та О. Гарафонова у статті «Цифрова трансформація як інструмент удосконалення управління стратегічним розвитком підприємства» [6] аналізують, як саме технології аналітики, великі дані й автоматизація впливають на стратегічні рішення, організаційну гнучкість і конкурентоспроможність бізнесу. Вони роблять акцент на важливості цифрової культури, компетенцій персоналу та інноваційних стратегій.

Дослідники менеджменту також звертаються до трансформації систем управління. Зокрема, у статті В. Горбаньової [3] аналізується вплив цифрових технологій на механізми корпоративного управління, включно з блокчейном, екосистемами та інноваційними платформами, що підсилює прозорість та ефективність корпоративного контролю.

Отже, сучасна наукова дискусія охоплює організаційно-економічні механізми, системні трансформації, зміни у корпоративному управлінні та стратегічному плануванні, що створює базу для розробки цілісного механізму стратегічного розвитку в цифрову еру.

Постановка задачі. Метою цього дослідження є розробка концептуального *організаційно-економічного механізму стратегічного розвитку підприємства* в умовах цифрової трансформації, який буде враховувати як технологічні, так і управлінські, фінансові та культурні аспекти. Для реалізації цієї мети потрібно вирішити такі завдання: класифікувати основні компоненти механізму (управлінські, фінансові, технічні, людські); визначити їх взаємозв’язок і вплив на стратегічні процеси; запропонувати модель механізму з підсистемами і принципами функціонування; розробити рекомендації для практичного впровадження на підприємствах з різних галузей.

Виклад основного матеріалу. Формування організаційно-економічного механізму стратегічного розвитку в умовах цифрової трансформації можна представити як багаторівневу систему, що складається з чотирьох взаємопов’язаних підсистем: *стратегічного управління, технологічної, фінансової і соціально-організаційної* [1]. Стратегічна підсистема відповідає за візію, місію, довгострокові цілі та діджитал-стратегію підприємства. Технологічна підсистема включає ІТ-інфраструктуру, платформи аналітики, системи автоматизації, цифрові сервіси. Фінансова підсистема охоплює джерела фінансування трансформації: внутрішні інвестиції, зовнішні гранти, партнерські моделі інвестицій, інструменти цифрових фінансів. Соціально-організаційна підсистема формує цифрову культуру, компетенції персоналу, механізми змін, моделі лідерства та корпоративного управління [3; 4].

Ключовим у запропонованому механізмі є принцип *динамічних спроможностей* (dynamic capabilities), який дозволяє підприємству не лише реагувати на зміни технологічного середовища, а активно створювати конкурентні переваги через навчання, адаптацію та інновації. Цей підхід кореспондує з класичною теорією динамічних спроможностей, яка підкреслює необхідність постійної трансформації внутрішніх ресурсів і процесів.

Для ілюстрації структури механізму стратегічного розвитку можна навести таблицю 1, яка узагальнює підсистеми, їхні функції та ключові інструменти.

Наступним етапом моделювання є визначення принципів, які повинні лежати в основі механізму. Серед таких – цілісність (інтеграція всіх підсистем), гнучкість (адаптація підсистем до змін у технологічному середовищі), прозорість (забезпечення відкритості стратегічних рішень), інноваційність (безперервне впровадження нових технологій), орієнтація на людину (сприяння розвитку цифрових компетенцій).

Таблиця 1

Організаційно-економічний механізм стратегічного розвитку підприємства в умовах цифрової трансформації

Підсистема	Функції	Основні інструменти
Стратегічне управління	Формування візії, цифрової стратегії, моніторинг стратегічних цілей	Стратегічні сесії, діджитал-стратегія, KPI цифрової трансформації
Технологічна	Забезпечення IT-інфраструктури, аналітики, автоматизації	BI-системи, хмарні платформи, RPA, системи IoT
Фінансова	Фінансування проєктів трансформації, оцінка ефективності	Бюджет трансформації, інвестиції, моделі ROI, фінансовий контроль
Соціально-організаційна	Розвиток цифрової культури, людських ресурсів, змін	Тренінги, навчальні програми, зміна оргструктури, моделі лідерства

Джерело: розроблено автором на основі [2; 5; 6]

Важливим компонентом є *ціннісна модель*, яка поєднує економічні стимули з цифровими інноваціями. Підприємство повинно створювати цінність не лише для себе (прибуток, ROI), а й для клієнтів (нові сервіси, покращений досвід), співробітників (компетенції, мотивація), суспільства (екологічність, сталий розвиток). Це вимагає не тільки фінансових ресурсів, а й організаційних змін: наприклад, моделі корпоративного управління, які враховують цифрові платформи, екосистеми і взаємодію з партнерами.

Практична реалізація такого механізму передбачає кілька етапів. Перший – діагностика готовності підприємства до цифрової трансформації: оцінка IT-інфраструктури, компетенцій персоналу, наявності стратегічного бачення. Другий – розробка діджитал-стратегії та дорожньої карти трансформації з часовими рамками, KPI та відповідальними. Третій – впровадження IT-інструментів, навчання персоналу, переформатування організаційної структури. Четвертий – моніторинг і корекція: регулярний аналіз KPI, управління ризиками, корекція бюджету та стратегії згідно з досягнутими результатами.

Узагальнюючи, запропонований механізм дозволяє підприємству стратегічно управляти процесом цифрової трансформації, поєднуючи технологічні, фінансові, організаційні та людські ресурси, і таким чином забезпечувати довгостроковий розвиток та конкурентоспроможність.

Висновки. У статті обґрунтовано потребу формування організаційно-економічного механізму стратегічного розвитку підприємств в умовах цифрової трансформації. Проведений аналіз наукових джерел підтвердив, що успішна трансформація потребує не лише технологічних рішень, а й системного підходу, який охоплює управління, фінанси й організаційну культуру. Запропоновано модель механізму, що складається з чотирьох підсистем: стратегічної, технологічної, фінансової та соціально-організаційної. А також представлено набір принципів, які забезпечують його ефективне функціонування: динамічні спроможності, цілісність, інноваційність, прозорість та орієнтація на людину. Модель доповнюється практичними етапами впровадження і рекомендаціями щодо формування цифрових компетенцій.

Застосування такого механізму дозволяє підприємствам стратегічно управляти цифровими трансформаціями, мінімізувати ризики, оптимізувати ресурси та створювати стійку ціннісну пропозицію для всіх зацікавлених сторін. У майбутньому доцільно провести емпіричне дослідження його ефективності на прикладі різних підприємств (промислових, сервісних, інноваційних) та моделювати фінансові показники (ROI, окупність, капіталізацію) трансформації залежно від конфігурації підсистем.

Перелік джерел посилання

1. Богашко О. Л. Стратегічне планування в системі управління державою і виробництвом. Економіка України: проблеми економічного розвитку. Колективна монографія / За ред. В. Ф. Бесєдіна, А. С. Музиченка. К.: НДЕІ. 2007. С. 83–86.

2. Богашко О. Л. Діджиталізація бізнес-процесів підприємства. Вдосконалення фінансово-кредитного механізму забезпечення інноваційного розвитку аграрного сектору економіки, сільських територій України та країн V-4. Improvement of the financial and credit mechanism for ensuring innovative development of the agricultural sector of economy, rural territories of Ukraine and countries V-4: збірник тез міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Дубляни, 2 червня 2022 р.). Частина ІІ. Дубляни: ЛНУП, 2022. С. 218–220. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/handle/123456789/14753

3. Горбаньова В. О. Вплив цифрової трансформації бізнесу на механізми корпоративного управління. Український економічний часопис. 2024. № 4. С. 1–14. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-8273/2024-4-1

4. Космідайло І. В., Рудченко О. Ю. Управління суб'єктами господарювання державного сектору : монографія. Умань : Видавець «Сочінський», 2012. 200 с.

5. Попело О., Самойлович О. Організаційно-економічний механізм цифрової трансформації промислових підприємств. Науковий вісник Полісся. 2024. № 2(29). С. 159–175. DOI: https://doi.org/10.25140/2410-9576-2024-2(29)-159-175

6. Рибак І., Гарафонова О. Цифрова трансформація як інструмент удосконалення управління стратегічним розвитком підприємства. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки. 2025. Т. 346, № 5. С. 93–98. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-346-5-12

УДК: 372

Медолиз М. М.,
викладач циклової комісії комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій,

Ратайчук П. Є.,
викладач циклової комісії комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій.

Фастовська О. Т.,
викладач циклової комісії природничо математичних дисциплін.

ГЕЙМІФІКАЦІЯ В ОСВІТІ ЯК ІННОВАЦІЙНА МЕТОДИКА МОТИВАЦІЇ СТУДЕНТІВ

Черкаський державний фаховий бізнес-коледж

Постановка проблеми

У сучасному освітньому просторі дедалі більше зростає потреба у впровадженні інноваційних педагогічних стратегій, здатних підвищити залученість студентів, сформувати мотивацію до навчання та сприяти розвитку ключових компетентностей. Однією з таких стратегій, що набула значного поширення у світі та викликає зацікавлення серед науковців і практиків, є гейміфікація — процес використання ігрових елементів, механік і динаміки в неігрових освітніх контекстах. Гейміфікація не є створенням повноцінної навчальної гри, а радше інтеграцією гейм-дизайну в традиційне навчання для досягнення педагогічних цілей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичні засади гейміфікації ґрунтуються на когнітивно-мотиваційних моделях навчання, зокрема на теорії само детермінації Раяна і Десі, що підкреслює важливість внутрішньої мотивації, автономії, відчуття компетентності та соціальної включеності у навчальний процес. Ігрові

механізми, такі як бали, рейтинги, досягнення, віртуальні нагороди, етапність проходження та сюжетна логіка, сприяють підвищенню залучення студентів, формуванню почуття змагання або співпраці та забезпечують відчуття досягнення результатів, що є потужними мотиваційними тригерами. На думку Kapp (2012), ефективна гейміфікація передбачає глибоке розуміння мотиваційних процесів і цілеспрямовану інтеграцію ігрових елементів у структуру навчального контенту.[1]

Постановка задачі

Завдання даної роботи визначення ролі гейміфікації в підвищенні навчальної мотивації студентів, аналіз її педагогічних переваг і можливих обмежень, а також розробка практичних рекомендацій щодо впровадження гейміфікованих елементів у навчальний процес.

Виклад основного матеріалу

Досвід закладів освіти, які активно впроваджують гейміфікацію, демонструє її потенціал у формуванні нової культури навчання, де основна увага зосереджена на процесі, а не лише на результаті. Це дозволяє створити середовище, в якому студенти відчувають себе активними учасниками освітнього процесу, а не пасивними споживачами знань. Водночас гейміфікація стимулює викладачів до пошуку нових педагогічних підходів, підвищення цифрової грамотності та вдосконалення дидактичного інструментарію.

Впровадження гейміфікації у закладах фахової передвищої та вищої освіти вимагає поєднання педагогічної доцільності з технологічними можливостями. Зокрема, для забезпечення ефективної реалізації цього підходу необхідно враховувати рівень цифрової грамотності викладачів та студентів, доступ до платформ гейміфікованого навчання, тип навчального предмета та індивідуальні характеристики здобувачів освіти. Дослідження Domínguez et al. (2013) показали, що застосування елементів гейміфікації у навчальному середовищі Moodle суттєво підвищує активність студентів на платформі та сприяє покращенню результатів у частині виконання практичних завдань. Проте водночас було зафіксовано, що гейміфікація не завжди забезпечує автоматичне підвищення загальної успішності, особливо без належного дидактичного дизайну.[5]

Суттєвим фактором успішного використання гейміфікації в навчанні є врахування психологічних особливостей сучасного покоління, яке виросло в умовах цифрової реальності, мобільного доступу до інформації та культури швидкого зворотного зв’язку. Ця аудиторія демонструє високу чутливість до інноваційних форм навчання, однак вимагає індивідуалізованого підходу, чіткого зворотного зв’язку та відчуття значущості отриманих знань. Гейміфікований контент, побудований із урахуванням цих факторів, здатен формувати більш стійку навчальну мотивацію, підвищувати рівень включеності та сприяти розвитку навичок самостійного навчання.[2]

На практиці гейміфікація реалізується через різноманітні цифрові платформи та сервіси, серед яких виділяються Kahoot!, Classcraft, Quizizz, Socrative, Edmodo, Duolingo та інші. Використання цих інструментів дозволяє не лише інтегрувати гейміфікаційні механіки у навчання, але й здійснювати моніторинг успішності, зворотний зв’язок та адаптацію контенту під потреби різних груп студентів. Крім того, поширеним є підхід до створення викладачем власних ігрових сценаріїв у рамках навчального курсу з урахуванням специфіки дисципліни. Наприклад, в освітніх курсах із програмування або інженерії успішно використовуються платформи типу CodeCombat чи Cisco Packet Tracer з елементами гейміфікації, що дозволяють не лише виконувати завдання, але й просуватися через віртуальний «рівень» навчання, отримуючи досягнення, бонуси та статуси.

Попри очевидні переваги, гейміфікація в освіті не позбавлена викликів. Однією з головних проблем є ризик формалізації ігрової активності, коли студенти зосереджуються переважно на накопиченні балів чи досягнень, втрачаючи інтерес до глибинного розуміння навчального матеріалу. Також існує ймовірність зниження мотивації у разі, коли гейміфікація сприймається як примусова або поверхнева. Для уникнення таких ситуацій важливо дотримуватися принципів педагогічного дизайну, зокрема забезпечити цілісність ігрової логіки, узгодженість між ігровими діями та навчальними цілями, а також адаптивність механік під конкретні групи студентів (Werbach & Hunter, 2015).

Проведені в Україні дослідження, зокрема в межах освітніх ініціатив МОН та неурядових організацій, засвідчують позитивну динаміку інтеграції гейміфікації в освітню практику. Учасники експериментальних програм зазначають зростання інтересу студентів до вивчення складних дисциплін, зменшення тривожності під час виконання контрольних завдань та загальне покращення атмосфери в навчальному процесі. Зростає також роль викладача як дизайнера навчального досвіду, що вимагає нових компетентностей у сфері цифрової педагогіки, психології мотивації та гейм-дизайну.[6]

Висновки

Отже, гейміфікація виступає перспективним напрямом трансформації освіти, що дозволяє переосмислити традиційні форми навчання, зробити їх більш персоналізованими, інтерактивними та ефективними. Її успішне впровадження залежить від педагогічної майстерності, гнучкості цифрової інфраструктури, підтримки з боку адміністрацій закладів освіти, а також готовності до переосмислення ролі студента і викладача у навчальному процесі. Подальші дослідження у цьому напрямі мають зосередитися на емпіричному аналізі ефективності гейміфікації у різних освітніх контекстах, а також на розробці методичних рекомендацій з її інтеграції в освітню політику на національному рівні.

Перелік джерел посилання

1. Kapp, K. M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. John Wiley & Sons.
2. Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. Computers & Education, 63, 380–392.
3. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist, 55(1), 68–78.
4. Werbach, K., & Hunter, D. (2015). For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Wharton Digital Press.
5. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences.
6. МОН України. (2021). Концепція розвитку цифрових компетентностей та використання гейміфікації в освіті. https://mon.gov.ua
7. Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. Educational Research Review, 30, 100326.
8. Alonso-Sánchez, J. A. (2025). Gamification in Higher Education: A Case Study
9. Simsek, E. (2025). A Systematic Review of the Effects of Gamification in Education

УДК 338.436:658.7:004

Олійник І. В.,
к.е.н., доцент кафедри менеджменту, маркетингу та інформаційних технологій

Сагайдак О. М.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» ОНП «Економіка»

Дмитрієв Д. В.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» ОНП «Економіка»

Денисенко Г. Б.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 051 «Економіка» ОНП «Економіка»

СТРАТЕГІЧНІ АСПЕКТИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ АГРАРНОГО СЕКТОРУ: РЕГІОНАЛЬНИЙ ВИМІР

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми

Сучасний етап розвитку аграрного сектору економіки України характеризується необхідністю адаптації до викликів глобалізації, трансформації ринкових відносин та впровадження інноваційних технологій. Особливої актуальності набуває питання оптимізації логістичних систем аграрних підприємств, ефективність функціонування яких безпосередньо впливає на конкурентоспроможність галузі та сталий розвиток регіонів. Цифрова трансформація логістичних процесів є стратегічним інструментом підвищення ефективності управління ланцюгами постачань, скорочення витрат та забезпечення прозорості операцій у аграрному виробництві. В умовах посилення міжнародної конкуренції впровадження цифрових технологій у логістику стає необхідною умовою виживання та розвитку аграрних підприємств. Інтеграція сучасних інформаційних систем та використання аналітики великих даних дозволяють створити гнучкі логістичні мережі, здатні оперативно реагувати на зміни ринкової кон'юнктури.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання цифровізації логістичних систем досліджувалися у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Зокрема, дослідники відзначають, що впровадження цифрових технологій у логістику аграрного сектору дозволяє скоротити втрати продукції на етапі транспортування до 15-20% та підвищити швидкість обробки замовлень [2]. Проте регіональні аспекти впровадження цифрових інструментів у логістичні системи аграрних підприємств залишаються недостатньо вивченими, особливо в контексті забезпечення сталого розвитку регіональної економіки. Недостатня увага приділяється також аналізу бар'єрів та обмежень, які перешкоджають масовому впровадженню цифрових рішень в аграрній логістиці на рівні окремих регіонів з урахуванням їх специфічних економічних, інфраструктурних та кадрових особливостей. Крім того, потребує поглибленого дослідження питання формування ефективних моделей цифрової трансформації логістичних процесів, адаптованих до умов функціонування аграрних підприємств різних форм власності та масштабів діяльності [4].

Постановка задачі

Метою дослідження є обґрунтування стратегічних напрямів цифрової трансформації логістичних систем аграрного сектору з урахуванням специфіки регіонального розвитку та визначення ключових цифрових інструментів оптимізації логістичних процесів для забезпечення

сталого економічного зростання регіону. Досягнення поставленої мети передбачає аналіз існуючого стану цифровізації логістичної інфраструктури аграрних підприємств, виявлення основних бар'єрів впровадження інноваційних технологій та розробку практичних рекомендацій щодо формування ефективної моделі цифрової трансформації логістики в умовах конкретного регіону.

Виклад основного матеріалу

Цифрова трансформація логістичних систем аграрного сектору передбачає комплексне впровадження інформаційно-комунікаційних технологій на всіх етапах ланцюга постачань – від планування виробництва до доставки готової продукції споживачу. Основними напрямами цифровізації є автоматизація управління складськими операціями, впровадження систем GPS-моніторингу транспортних засобів, використання Big Data для прогнозування попиту та оптимізації маршрутів, а також застосування технологій Інтернету речей для контролю якості продукції під час транспортування. Важливим елементом цифрової трансформації стає інтеграція хмарних платформ для забезпечення безперебійного обміну інформацією між усіма учасниками логістичного ланцюга, що дозволяє досягти синхронізації операцій та підвищити швидкість прийняття управлінських рішень. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові можливості для автоматизації рутинних процесів, прогнозування ризиків та формування персоналізованих логістичних рішень відповідно до специфічних потреб кожного клієнта [4].

Стратегія цифрової трансформації логістичних систем аграрних підприємств має базуватися на трьох ключових принципах: інтегрованості, адаптивності та орієнтованості на сталий розвиток. Інтегрованість передбачає об'єднання всіх учасників логістичного ланцюга в єдиному цифровому просторі, що забезпечує прозорість операцій та можливість оперативного реагування на зміни ринкової ситуації. Адаптивність логістичної системи досягається через впровадження гнучких цифрових рішень, здатних швидко перебудовуватися відповідно до нових викликів. Орієнтація на сталий розвиток включає використання цифрових технологій для мінімізації негативного впливу на довкілля та оптимізації використання ресурсів. Регіональний вимір цифрової трансформації логістичних систем аграрного сектору має особливе значення для України, де аграрне виробництво є основою економіки багатьох областей. Ефективна логістична система на рівні регіону забезпечує своєчасну доставку сільськогосподарської продукції до пунктів переробки та реалізації, знижує транспортні витрати та створює додаткові робочі місця у сфері логістичних послуг [2]. Впровадження цифрових платформ дозволяє об'єднати виробників, переробні підприємства, транспортні компанії та споживачів у єдину екосистему, що підвищує конкурентоспроможність регіонального аграрного комплексу.

Ключовими цифровими інструментами оптимізації логістичних систем аграрного сектору є системи управління транспортом (TMS), системи управління складом (WMS), платформи для планування ресурсів підприємства (ERP) з інтегрованими логістичними модулями, а також спеціалізовані аналітичні системи на основі штучного інтелекту. Дослідження показують, що впровадження комплексних цифрових рішень у логістичні системи аграрних підприємств призводить до зростання загальної ефективності операцій на 25-40%. Особливо значущий ефект спостерігається при інтеграції різних цифрових інструментів у єдину систему управління логістичними процесами. Важливим аспектом стратегії цифрової трансформації є створення регіональних логістичних хабів, оснащених сучасними цифровими технологіями. Такі хаби виконують функції координаційних центрів, забезпечуючи оптимальне розподілення вантажопотоків, зберігання продукції в контрольованих умовах та швидку обробку великих обсягів сільськогосподарської продукції. Створення мережі регіональних цифрових логістичних хабів сприяє розвитку інфраструктури, залученню інвестицій та формуванню кластерів підприємств аграрного сектору [3].

Сучасні цифрові інструменти логістичної оптимізації демонструють суттєвий вплив на ефективність бізнес-процесів у різних напрямках діяльності підприємства. Система управління транспортом (TMS), яка забезпечує координацію та контроль транспортних операцій, дозволяє компаніям досягти скорочення логістичних витрат на 20-30%, що є значним показником економії

ресурсів. Паралельно з цим, впровадження системи управління складом (WMS) докорінно змінюють процеси складської логістики, піднімаючи точність обліку товарно-матеріальних цінностей до рівня 98%, що практично виключає помилки та розбіжності в інвентаризації. Технологія інтернету речей, представлена IoT-сенсорами, відкриває нові можливості для безперервного моніторингу стану та якості продукції протягом усього ланцюга постачання, завдяки чому підприємства можуть знизити рівень втрат на 15-25% через своєчасне виявлення відхилень від норм зберігання та транспортування. Аналітика великих даних (Big Data) завершує цей технологічний комплекс, надаючи бізнесу інструменти для точного прогнозування ринкового попиту, що трансформується в оптимізацію складських запасів на 30-40% та дозволяє уникнути як дефіциту, так і надлишкового затоварення [1].

Впровадження цифрових технологій у логістичні системи аграрного сектору вимагає стратегічного підходу, який передбачає поетапну діджиталізацію процесів, навчання персоналу, забезпечення кібербезпеки та створення необхідної цифрової інфраструктури. Особливої уваги потребує питання інтероперабельності різних цифрових систем, що використовуються учасниками логістичного ланцюга, адже лише за умови їх безперешкодної взаємодії можливе досягнення синергетичного ефекту від цифровізації. Регіональний вимір стратегії цифрової трансформації логістичних систем передбачає врахування специфіки кожного регіону: структури аграрного виробництва, розвитку транспортної інфраструктури, наявності кваліфікованих кадрів та рівня готовності підприємств до впровадження інновацій.

Для успішної реалізації стратегії необхідна координація зусиль органів регіональної влади, бізнес-структур, наукових установ та освітніх закладів. Ключовим фактором успіху є також формування сприятливого інституційного середовища, яке включає розробку нормативно-правової бази, механізмів фінансової підтримки цифрової модернізації логістики та створення регіональних цифрових платформ для об'єднання всіх учасників аграрного ринку.

Висновки та рекомендації

Цифрова трансформація логістичних систем є стратегічним пріоритетом розвитку аграрного сектору України, що забезпечує підвищення ефективності операцій, скорочення витрат та формування конкурентних переваг підприємств на національному та міжнародному ринках. Регіональний підхід до впровадження цифрових технологій дозволяє враховувати специфіку кожної території та максимально використовувати наявний потенціал для забезпечення сталого економічного розвитку. Рекомендується здійснювати поетапне впровадження цифрових інструментів з пріоритетом на створення інтегрованих платформ, що об'єднують всіх учасників логістичного ланцюга. Важливим напрямом є формування регіональних логістичних хабів як центрів цифрової трансформації аграрної логістики. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методології оцінки ефективності цифрових інвестицій у логістичні системи та визначення оптимальних моделей державно-приватного партнерства у сфері цифровізації аграрної логістики.

Перелік джерел посилання

1. Акімов Д. Застосування технологій інтернету речей для оптимізації логістики в сільському господарстві. Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2023. № 53. С. 9–15.

2. Гнатишин Л.Б., Трушкіна Н.В. Цифрова трансформація системи управління логістичною діяльністю аграрних підприємств. Бізнес Інформ. 2021. № 12. С. 98-107.

3. Крикавський Є.В., Чухрай Н.І., Чорноиська Н.В. Логістика та управління ланцюгами поставок : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 848 с.

4. Саулко Д. П. Трансформаційний потенціал смарт-промисловості в аграрному секторі економіки України. Ефективна економіка. 2024. № 11. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.11.102

УДК 004.412.2:519:237.5

Проценко В. С.,
студент 2 курсу освітнього ступеню магістр спеціальності «Системний аналіз»

Макарова Л. М.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

Каіров В. О.,
к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем

ПЕРЕДОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РАННЬОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗМІРУ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ПІД УПРАВЛІННЯМ ПЛАТФОРМИ WORDPRESS

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Оцінювання розміру програмних продуктів, зокрема програмних систем під управлінням платформи WordPress, є важливою задачею інженерії програмного забезпечення, оскільки від точності цього оцінювання залежить прогноз трудомісткості та вартості проєкту. Платформа WordPress популярна насамперед тому, що існує вже понад 20 років і за цей час суттєво розвинулася, сформувавши велику спільноту користувачів. Крім того, платформа має відкритий вихідний код, що дозволило розробникам усього світу створити тисячі плагінів і значно розширити її можливості. За даними агентства BuiltWith, на кінець 2024 року із 81,6 млн. сайтів, зроблених за допомогою CMS, на долю платформи WordPress припадає 43% [1]. Поширені моделі, такі як COCOMO, COCOMO II чи ISBSG, використовують нелінійні регресійні залежності та нормалізуючі перетворення, проте вони були створені переважно для традиційних програмних систем і не враховують специфіку модульної архітектури платформи WordPress та можливості підключення додаткових плагінів [2]. Тому виникає потреба у побудові спеціалізованої моделі раннього прогнозування розміру програмних систем під управлінням платформи WordPress, що відображатиме зв’язки між метриками (кількість файлів, функцій, класів, методів, тощо) та їх фактичним розміром.

Для побудови такої моделі було зібрано 109 програмних систем під управлінням платформи WordPress, емпіричні дані метрик яких були отримані шляхом автоматизованого аналізу плагінів WordPress за допомогою інструментів статистичного аналізу. В якості змінних для побудови математичної моделі раннього прогнозування розміру були обрані наступні метрики: KLOC - кількість рядків коду у тисячах, Classes - кількість класів, MBC - середня кількість методів, DIT - глибина дерева успадкування.

Для пошуку викидів був застосований квадрат відстані Махаланобіса [3]. В якості нормалізуючого перетворення застосовувався десятковий логарифм. В результаті було визначено 11 точок даних, для яких значення квадрату відстані Махаланобіса перевищувало квантіль χ^2, тому їх було вилучено. Для забезпечення коректного тестування якості моделі очищену від викидів вибірку було поділено на дві частини: **60 точок – для побудови моделі, 38 точок – для тестування її якості.**

У подальшій роботі планується побудова нелінійної регресійної моделі раннього прогнозування розміру програмних систем під управлінням платформи WordPress, перевірка якості побудованої моделі з використанням тестового набору даних, побудова довірчого інтервалу та інтервалу прогнозування нелінійної регресії. Розроблена модель, а також програма для її реалізації, дозволять отримувати надійні ранні оцінки розміру програмних систем під управлінням платформи WordPress, що підвищить якість планування та ефективність розробки у зазначених програмних систем.

Перелік джерел посилання

1. Web Technology Usage Trends. URL: https://trends.builtwith.com/ (дата звернення: 07.11.2025).

2. Boehm B., Abts C., Brown A., Chulani S. Software Cost Estimation with COCOMO II. Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering (ICSE), Limerick, Ireland, June 4–11 2000. P. 45–57.

3. Prykhodko S., Prykhodko N., Makarova L., Pukhalevych A. Application of the Squared Mahalanobis Distance for Detecting Outliers in Multivariate NonGaussian Data. Proceedings of 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, February 20–24 2018. P. 962- 965.

УДК 658:004

Равлик Р. В.,
аспірант спеціальності 073 «Менеджмент»
ОНП «Менеджмент»

ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ ПІД ВПЛИВОМ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Постановка проблеми. У сучасних економічних умовах підприємства проходять через глибоку цифрову трансформацію, яка охоплює практично всі компоненти діяльності – виробничі процеси, збут, маркетинг, управління персоналом, фінанси. Ця трансформація не лише змінює технологічне середовище, але й фундаментально перетворює механізми управління. Традиційні моделі менеджменту, побудовані на вертикальних ієрархіях, жорстко регламентованих функціональних підрозділах та централізованих рішеннях, виявляються недостатньо адаптивними у цифрову епоху. Підприємства, що ігнорують ці зміни, ризикують втратити конкурентні переваги, стати неефективними або не відповідати новим очікуванням клієнтів, партнерів і ринку загалом. Отже, ключова проблема полягає в пошуку такої моделі трансформації управління, яка поєднує гнучкість, інноваційність та ефективність, використовуючи потенціал сучасних інформаційних технологій.

При цьому досягення успіху в трансформації управління не гарантується простим впровадженням ІТ-рішень. Без системного підходу, інтегрованої стратегії та відповідних змін в організаційній структурі такі впровадження часто стають ізольованими, неефективними або навіть викликають конфлікти. Крім того, трансформація управління супроводжується витратами, ризиками та проблемами адаптації персоналу. Тому перед науковцями та практиками постає завдання – розробити концептуальний, організаційно-економічний механізм трансформації управління, який забезпечить системне впровадження ІТ та їх інтеграцію у менеджмент підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній науковій літературі значну увагу присвячено теоретичним аспектам цифровізації управління. Так, Т. Обидєннова й В. Васильєв [6] розглядають вплив цифрових технологій на всі рівні управління підприємством. Вони визначають цифровізацію як комплексне впровадження ІТ у всі бізнес-процеси, що трансформує класичні методи господарювання. Їх аналіз акцентує на тому, що цифрові технології стимулюють перетворення не лише технічних процесів, але й систем прийняття рішень, комунікацій та контролю.

О. Гудзь та Н. Прокопенко [3] також досліджують парадигму управління підприємством під впливом інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Вони підкреслюють, що сучасні ІКТ змінюють управлінську структуру, комунікаційні моделі й бізнес-моделі підприємств, створюючи нові конкурентні переваги. Ці науковці вважають, що класичні парадигми управління вже не можуть забезпечити достатню гнучкість і адаптивність в епоху цифрових змін.

У галузі фінансових послуг К. Коваль та В. Драгун [4] аналізують трансформацію системи менеджменту підприємств під впливом цифровізації саме цієї сфери. Вони виділяють іманентні ознаки часткової або повної трансформації управлінської системи та описують етапи процесу. Зокрема, вони вказують на важливість факторів, як-от організаційна структура, фінансові ресурси та технологічні інструменти.

Отже, існуючі дослідження охоплюють теоретичні основи цифрових трансформацій, емпіричні аспекти впровадження ІКТ в управління, а також структуру й етапи трансформації системи менеджменту. Водночас залишається відкритим питання розробки цілісного механізму (організаційно-економічної моделі), який би інтегрував усі компоненти трансформації: технології, структуру, культуру, стратегію та ресурси.

Постановка задачі. Метою цього дослідження є розробка концептуального механізму трансформації управління підприємством під впливом сучасних інформаційних технологій, який дозволяє забезпечити системне та ефективне перетворення управлінської системи. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати ключові компоненти, що визначають трансформацію управління (технології, структура, культура, ресурси); з'ясувати взаємозв'язок між цими компонентами та їх вплив на ефективність управління; побудувати модель механізму трансформації, яка включає підсистеми, процеси й принципи; визначити етапи впровадження цього механізму та можливі бар'єри.

Виклад основного матеріалу. Трансформація управління під впливом ІТ слід розглядати як багаторівневий процес, що охоплює технічні, організаційні, стратегічні й культурні аспекти. Пропонована модель механізму включає чотири взаємопов'язані підсистеми: *технологічну, структурно-організаційну, стратегічно-управлінську та соціально-культурну***.**

Технологічна підсистема включає впровадження ІТ-інфраструктури – хмарні сервіси, аналітичні платформи, автоматизовані системи прийняття рішень, системи кібербезпеки. Завдяки їй забезпечується технічна основа для управлінської трансформації: інтеграція даних, безперервність інформаційних потоків, аналітика в реальному часі.

Структурно-організаційна підсистема трансформації охоплює реформування оргструктури компанії. Це може включати зменшення кількості ієрархічних рівнів, запровадження гнучких команд, створення центрів компетенцій з цифрових технологій. Така організаційна трансформація сприяє швидкому прийняттю рішень, підвищенню гнучкості та реактивності.

Стратегічно-управлінська підсистема відповідає за формування цифрової стратегії управління, KPI, системи прийняття рішень і контролю. У цій підсистемі ключовими є динамічні спроможності управління: здатність підприємства адаптуватися, переорієнтовувати ресурси, оновлювати стратегії відповідно до технологічних змін.

Соціально-культурна підсистема трансформації управління спрямована на розвиток цифрової культури, компетенцій працівників, нових форм лідерства та комунікації. Вона передбачає навчальні програми, внутрішнє спільне навчання, зміну підходів до винагороди та відповідальності, формування організаційної культури, орієнтованої на інновації і колаборацію.

Для кращого розуміння цього механізму, нижче наведено узагальнювальну таблицю 1.

У впровадженні цього механізму виділяються кілька ключових етапів: діагностика, стратегічне планування, технічна реалізація, організаційна трансформація та моніторинг. На етапі *діагностики* підприємство оцінює готовність: технологічну інфраструктуру, рівень цифрових компетенцій, організаційну культуру. Потім формується *стратегія,* в якій визначаються цілі цифрової трансформації, KPI та дорожня карта. *Технічна реалізація* включає впровадження ІТ-систем, інтеграцію даних, автоматизацию процесів. *Організаційна трансформація* – це мобілізація команд, зміна структур, запуск освітніх програм. Нарешті, через *моніторинг* аналізуються результати за KPI, відстежуються бар'єри, здійснюється корекція стратегії [4; 6].

Однак існують також значні *ризики та бар'єри*. Серед них – високі інвестиційні витрати на ІТ, низька цифрова грамотність працівників, опір організаційних змін, проблеми управління даними, питання безпеки. Без належної методології стратегічні рішення щодо цифровізації можуть бути недооцінені або неправильно пріоритизовані. Відсутність культури інновацій та партнерської взаємодії може гальмувати трансформацію структури управління [3].

Таблиця 1

Основні підсистеми механізму трансформації управління

Підсистема	Основна функція	Ключові елементи
Технологічна	Надання IT-інфраструктури для нових процесів	Хмарні платформи, BI, аналітика, кібербезпека
Структурно-організаційна	Реформування організаційної структури	Гнучкі команди, центри компетенцій, зменшення ієрархії
Стратегічно-управлінська	Формування стратегій і системи прийняття рішень	KPI цифрової трансформації, цифрова стратегія, динамічні спроможності
Соціально-культурна	Розвиток культури й компетенцій	Навчання, лідерство, винагорода, внутрішні комунікації

Джерело: розроблено автором на основі [1; 2; 5]

Для подолання ризиків важливо впроваджувати зміни поетапно, із залученням внутрішніх і зовнішніх експертів, із тісною координацією IT та бізнес-лідерів. Потужним інструментом є ведення системних комунікацій, формування комітетів цифрової трансформації, а також постійне навчання персоналу.

Висновки. У статті проаналізовано трансформацію управління підприємством під впливом сучасних інформаційних технологій і запропоновано концептуальний механізм, який включає чотири підсистеми: технологічну, структурно-організаційну, стратегічно-управлінську та соціально-культурну. Такий підхід дозволяє інтегрувати IT-інфраструктуру, організаційні зміни, цифрову стратегію та розвиток людського капіталу в єдину модель трансформації управління. Розроблено етапи впровадження механізму (діагностика, планування, реалізація, моніторинг), а також виокремлено ключові бар'єри – фінансові, культурні, організаційні, технологічні, і запропоновано шляхи їх подолання.

Запровадження запропонованого механізму може забезпечити підприємству гнучкість, інноваційність, покращення прийняття рішень, оптимізацію процесів, а також конкурентні переваги на ринку. Водночас, процес трансформації має здійснюватися поступово, з системним підходом, широким залученням персоналу та увагою до культури змін.

Для подальших досліджень доцільно провести емпіричні кейси впровадження цього механізму на підприємствах різних галузей, оцінити його вплив на фінансові та нефінансові показники (прибутковість, задоволеність персоналу, швидкість реагування на ринкові зміни) та розробити інструменти масштабування моделі на глобальні корпорації.

Перелік джерел посилання

1. Богашко О. Л. Основні аспекти інноваційного розвитку підприємництва в сучасних умовах технологічного розвитку. Економічні горизонти. 2022. Вип. 2 (20). С. 83–93. DOI: https://doi.org/10.31499/2616-5236.2(20).2022.263346

2. Богашко О. Л. Особливості управління людським капіталом в практиці сучасного менеджменту організацій. Економіка України в умовах євроінтеграції : виклики та перспективи розвитку : матер. І Всеукраїнської наук.-практ. конф., 19 квітня 2018 р., м. Умань / за ред. д. е. н., проф. О. Г. Чирви. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2018. С. 66–68. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/handle/6789/8671

3. Гудзь О. Є., Прокопенко Н. С. Трансформація парадигми управління підприємств на основі інформаційно-комунікаційних технологій. Науковий вісник Полісся. 2018. Т. 2. № 2(14). С. 16–24. DOI: https://doi.org/10.25140/2410-9576-2018-2-2(14)-16-24

4. Коваль К., Драгун В. Трансформація системи менеджменту підприємств в умовах цифровізації сфери фінансових послуг. Науковий вісник Полісся. 2024. № 2(29). С. 200–214. DOI: https://doi.org/10.25140/2410-9576-2024-2(29)-200-214

5. Космідайло І. В. Особливості ефективного управління діяльністю державних машинобудівних підприємств. Формування ринкових відносин в Україні. 2014. № 4(155). С. 115–119.

6. Обидєннова Т., Васильєв В. Цифрові технології в управлінні підприємством: теоретичний аспект. Адаптивне управління: теорія і практика. Серія: Економіка. 2023. № 15(30). С. 12–23. DOI: https://doi.org/10.33296/2707-0654-15(30)-12

УДК 004.451:371.64

Стоянова О. М.,
студентка 6 курсу
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
ОПП «Комп'ютерні системи та мережі»

Веселовська Г. В.,
к.т.н., доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЖУРНАЛІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

У контексті цифрової трансформації вітчизняного суспільства, система освіти оновлює інструменти управління навчальним процесом, способи та форми комунікації учасників освітніх середовищ. Цифровізація освіти вимагає інноваційних інформаційних систем для ефективного обліку навчальних досягнень, прозорості оцінювання та оперативної комунікації. Одним із ключових компонентів цієї трансформації є електронні журнали (е-журнали), що здатні подолати низку недоліків паперових журналів (обмеження доступності даних, збільшення часу обробки інформації, ризики втрати чи пошкодження документів), забезпечуючи натомість: ефективність автоматизації оцінювання, обліку відвідування, доступу до навчальної інформації, організації домашніх завдань та формування звітів; прозорість управління; інтеграцію з іншими освітніми сервісами. Проте нині питання вибору, розробки та впровадження е-журналів ще потребують подальшого дослідження та аналізу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблемам цифровізації освіти присвячено роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Серед них: дослідження О. Спіріна, М. Жалдака, А. Гуржія та Н. Морзе, що наголошують на формуванні цифрової компетентності педагогів і створенні електронних інформаційно-освітніх середовищ; праці J. Anderson, C. Redecker та A. Kivunja, що розглядають переваги цифрових інструментів оцінювання та зворотного зв'язку [3-5]. Важливо, щоби подальші дослідження цифровізації освітнього оцінювання були націлені на такі ключові напрями: дослідження ефективності е-журналів за різними освітніми моделями; розвиток адаптивних систем оцінювання на основі штучного інтелекту. Відзначимо, що е-журнали здатні суттєво впливати на організацію навчання, залежно від освітньої моделі. Перспективними є такі напрями аналізу: в традиційній моделі навчання – аналіз впливу е-журналів на прозорість оцінювання, дисципліну та відвідуваність; у змішаному навчанні (blended learning) – дослідження інтеграції е-журналів із LMS-системами та їхньої ролі у формувальному оцінюванні; у моделі перевернутого класу (flipped самооцінювання; у компетентністно-орієнтованому навчанні – дослідження можливостей е-журналів реєструвати досягнення за результатами діяльнісних завдань, портфоліо та рівневого оцінювання; у STEM/STEAM-моделях – аналіз використання е-журналів для відстеження прогресу в проєктній діяльності та лабораторних роботах. Окремого вивчення потребує вплив е-журналів на мотивацію, самоконтроль, зворотний зв'язок та освітню аналітику. Також треба наголосити, що

використання штучного інтелекту (ШІ) відкриває нові можливості для створення таких інтелектуальних компонентів у е-журналах, як: адаптивне оцінювання (формування індивідуальних контрольних завдань на основі рівня підготовки); прогностична аналітика (прогнозування навчальних труднощів і ризику зниження успішності, генерація рекомендацій для корекції навчання); автоматичний аналіз динаміки прогресу (виявлення закономірностей, зон успіху та вузьких місць); індивідуальні траєкторії навчання (автоматичне формування рекомендацій щодо подальшого навчання); інтелектуальні підказки для педагога (пропозиції щодо формувальних коментарів, типових помилок і методичних рішень); автоматизація обробки відкритих відповідей на основі NLP (оцінка текстових завдань, творів, коротких відповідей). Інтеграція таких механізмів сприятиме створенню нових цифрових екосистем, де електронний журнал перетворюється з інструмента фіксації оцінок на повноцінну платформу підтримки навчання. Проведений в роботі [6] аналіз низки сучасних систем («Моя школа», «Єдина школа», «Human школа», «Мрія», «SMART школа», «Нові Знання», «Smart School», «Навчання і Технології», «Eddy», «ОІС Prosvita», «Всеосвіта», «Атомс», «Moodle» та т. і.) свідчить про різноманітність технологічних рішень, але, в цілому, наукові дослідження наголошують на проблемах інтеграції, недостатній адаптивності інтерфейсів, відсутності єдиних стандартів обміну даними та потребі у вмотивованих методах використання е-журналів.

Постановка задачі

Основною задачею даної роботи є дослідження особливостей, технологічних і технічних умов ефективного застосування, проблемних аспектів і доцільних напрямів удосконалювання комп'ютерних технологій розробки та впровадження е-журналів у закладах освіти. В цьому контексті, потрібно вирішити такі завдання: проаналізувати існуючі комп'ютерно-орієнтовані методи та засоби створення е-журналів; дослідити особливості впровадження е-журналів у закладах освіти; визначити критерії вдосконалювання систем підтримки е-журналів та їхнього використання в освітній практиці; сформувати концепції подальшого вдосконалювання е-журналів у закладах освіти.

Виклад основного матеріалу

Дослідження комп'ютерних технологій розробки та впровадження е-журналів свідчить про їхню критичну важливість для цифрової трансформації вітчизняної освіти: поєднання сучасних веб-технологій, хмарних рішень, систем безпеки та UX/UI-підходів формує функціональні та зручні цифрові інструменти, що полегшують освітню діяльність, забезпечують її прозорість і сприяють підвищенню якості навчання. Технологічні підходи до створення е-журналів базуються на прогресивних мережних комп'ютерних технологіях створення інформаційних систем, де найпоширенішими є: мікросервісна архітектура (надає гнучкість, масштабованість, можливість незалежного оновлення модулів системи); веб-технології (HTML5, CSS, JavaScript, React, Vue); мови програмування та фреймворки (Node.js, Python/Django, PHP/Laravel, Java/Spring); хмарні технології Google Cloud, Azure та AWS (забезпечують високу доступність та безпечне зберігання даних); реляційні та документо-орієнтовані СУБД MySQL, PostgreSQL, MongoDB (забезпечують високий рівень масштабованості та стабільності, ефективну обробку великих обсягів навчальної інформації); API REST та GraphQL (забезпечують інтеграцію електронних журналів з іншими освітніми інструментами). Ці технології дозволяють створювати зручні, безпечні та адаптивні системи ведення обліку навчальних досягнень. Е-журнали можна інтегрувати з ЄДЕБО, е-щоденником, системами для онлайн-навчання (Google Classroom, Moodle, Microsoft Teams) і сервісами відео конференцій, що дозволяє створити цілісну цифрову освітню екосистему [7]. Е-журнал є не лише інформаційною системою, а й освітнім інструментом, що має відповідати низці таких вимог: прозорість і доступність оцінювання; забезпечення зворотного зв'язку (коментарів педагогів, повідомлень, рекомендацій тощо); підтримка компетентнісного підходу (зокрема, ведення тематичного оцінювання, формувального оцінювання, обліку навчальних досягнень за рівнями); можливість аналітики (формування динаміки успішності, статистичних звітів, індивідуальних карт прогресу); доступність для педагогічних працівників різних рівнів цифрової компетентності крізь інтуїтивний інтерфейс і систему підказок [8]. Успішне впровадження е-журналів передбачає: підготовку педагогічних кадрів (навчання, тренінги, консультативну підтримку); технічне забезпечення (стабільний Internet, пристрої для педагогічних працівників);

адаптацію системи до освітнього процесу закладу освіти (врахування навчальних планів, розкладу, типів оцінювання); інформаційну безпеку (захист персональних даних відповідно до законодавства України); зворотний зв'язок від користувачів для подальшого вдосконалення системи [9]. Правильно організоване впровадження е-журналу спрощує адміністративну роботу закладів освіти та підвищує ефективність комунікації.

Таким чином, у ході дослідження, було визначено, що е-журнали є важливим компонентом цифрової трансформації закладів освіти. Ефективна розробка та впровадження е-журналів потребує комплексного підходу, що охоплює освітні потреби, сучасні комп'ютерні технології, інформаційну безпеку та зручність користування. Е-журнал має бути інтуїтивним, адаптивним до мобільних пристроїв, доступним для застосування. Значення має і використання візуальної аналітики (графіків, діаграм, статистичних звітів). Е-журнал надає зручний і прозорий механізм обліку навчальних досягнень, підвищує якість комунікації та формує сучасну культуру оцінювання. Комп'ютерні технології, що застосовуються для створення систем підтримки е-журналів, дозволяють реалізувати гнучкі, масштабовані та безпечні рішення. Ефективність впровадження е-журналів залежить від технічної та технологічної готовності закладів освіти, компетентності користувачів, методичної підтримки. Впровадження е-журналів може бути складним, тому заклади освіти мають забезпечити чітке планування, навчання персоналу та технічну підтримку. При правильному плануванні та впровадженні, е-журнали стають цінним інструментом для покращання результатів навчання та якості освіти в цілому. До напрямів перспективного розвитку е-журналів можна віднести впровадження штучного інтелекту для аналітики, модулів прогнозування успішності, автоматичної генерації рекомендацій та використання блокчейну для підвищення захищеності даних.

Виходячи з проведеного аналізу існуючої теоретичної та практичної бази, а також із власного досвіду авторів, бачаться доцільними такі концепції вдосконалювання систем підтримки е-журналів: розробка та впровадження систем, спеціалізованих для особливостей і потреб професійно-технічної освіти та адаптованих, при цьому, до мобільних пристроїв; запровадження єдиної державної безкоштовної платформи е-журналів (на кшталт ЄДЕБО, Дії та т. і.), що забезпечить уніфіковані вимоги до функціоналу, безпеки, форматів даних та інтеграції з іншими освітніми сервісами.

Висновки

У роботі проаналізовано існуючі комп'ютерні технології розробки та впровадження е-журналів для закладів освіти, та запропоновано концепції їхнього вдосконалювання.

Перелік джерел посилання

1. Спірін О.М. Інформаційно-освітнє середовище сучасного закладу освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2022. № 5(31). С. 12-25.

2. Морзе Н.В., Варченко-Троценко Л.О. Цифрова трансформація освіти в Україні: аналітичний огляд. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2020. 78 с.

3. Anderson J. ICT in Education: Trends, Tools and Strategies. New York: Springer, 2018. 204 p.

4. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. 96 p.

5. Kivunja A. Innovative Pedagogies in Digital Learning Environments. Journal of Education and Practice. 2018. Vol. 9, No. 12. P. 15-29.

6. Аналітичний огляд платформ електронних журналів для закладів освіти / За ред. Міністерства освіти і науки України. Київ: МОН України, 2021. 34 с.

7. Морзе Н.В., Барна О.В. Сучасні електронні освітні сервіси як інструмент управління освітнім процесом. Інформаційні технології і засоби навчання. 2021. Т. 72, № 4. С. 1-18.

8. Марчук О.М. Організація електронного документообігу в закладах освіти. Наукові записки ЦДУ ім. В. Вінниченка. 2020. № 178. С. 45-50.

9. Трубачева С.Е., Алєксєєнко Т.Ф., Мішеніна Т.М., Чорноус О.В. Теоретичні й методичні засади проєктування освітньо-розвивального середовища закладу загальної середньої освіти в умовах цифровізації суспільства під час воєнного стану та в період відновлення України: практичний посібник. Київ: Педагогічна думка, 2025. 168 с.

Телюк К. В.,
студентка 4 курсу
спеціальності «Менеджмент»

Івашко Л. М.,
к.е.н., доцент
кафедри менеджменту та інновацій

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СПІЛЬНОТ СПОЖИВАЧІВ У B2C ТА B2B МОДЕЛЯХ

Одеський національний університет ім.І.І.Мечникова, Україна

Постановка проблеми

Цифрова трансформація сучасного бізнесу зумовила зміну форм і засобів взаємодії із споживачами. Сьогодні ключову роль у побудові стійких відносин між брендом і цільовою аудиторією відіграють інформаційні технології, які забезпечують швидкий обмін даними, аналітику поведінки користувачів і створення спільнот на основі спільних інтересів. Формування таких спільнот сприяє підвищенню лояльності, персоналізації досвіду та довгостроковим відносинам між учасниками ринку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Згідно з дослідженням С. О. Василенко [1], цифровізація B2C-ринку формує нову модель поведінки споживача, де ключовим стає емоційний зв'язок із брендом через цифрові платформи. І. В. Бойчук [2] підкреслює, що стратегії для B2C і B2B моделей відрізняються насамперед глибиною персоналізації: для B2C вона спрямована на масового споживача, а для B2B — на індивідуального партнера. У свою чергу, І. Петрова та І. Дьячук [3] зазначають, що для B2B-ринку особливого значення набувають соціальні мережі як платформа формування довіри, обміну досвідом та розвитку професійних спільнот.

Постановка задачі

Задача даної роботи полягає у визначенні особливостей застосування інформаційних технологій у процесі формування спільнот споживачів у моделях B2C і B2B, а також у з'ясуванні ключових відмінностей у підходах щодо цифрової взаємодії між компаніями та споживачами в цих сегментах.

Виклад основного матеріалу

Інформаційні технології стали не лише інструментом комунікації між компанією та її споживачами, а й ключовим чинником формування цифрових спільнот, у яких відбувається створення, обмін і споживання цінності. В умовах цифрової економіки саме IT визначають рівень взаємодії між бізнесом і клієнтами, формують простір довіри, швидкість прийняття рішень і сталість відносин. Розвиток таких технологій, як штучний інтелект, аналітика великих даних, хмарні сервіси, блокчейн, інтернет речей і метавсесвіт, спричинив появу нового типу споживача — цифрово інтегрованого учасника ринку, який активно впливає на стратегію брендів і бере участь у співтворенні продукту.

Інформаційні технології створюють комунікаційне середовище, у якому споживач не лише отримує товар чи послугу, а й виступає джерелом даних, відгуків, креативних ідей. CRM-системи, маркетингові платформи, соціальні мережі, аналітичні сервіси та системи бізнес-аналітики (BI) забезпечують двосторонній і безперервний зв'язок між бізнесом і клієнтом. Цифрова взаємодія перетворюється на безперервний процес: від залучення уваги — до лояльності, повторних покупок і створення адвокатів бренду.

Як зазначає С. О. Василенко [1], інформаційні технології у сучасному бізнесі забезпечують не лише передачу повідомлень, а й створення цифрових комунікативних екосистем, у яких кожен користувач має можливість впливати на бренд і його репутацію. Це підсилює значення таких понять, як довіра, прозорість і цінність даних.

У сегменті B2C інформаційні технології - це один з основних механізмів створення емоційно залучених спільнот. Для цього застосовуються такі інструменти:

- Big Data та аналітика поведінки користувачів — для прогнозування попиту, формування персональних рекомендацій і точкового таргетингу;
- штучний інтелект (AI) — для реалізації інтелектуальних рекомендаційних систем, віртуальних асистентів і чат-ботів підтримки;
- гейміфікація — для впровадження ігрових механізмів у програми лояльності (бали, досягнення, рівні), що підвищує залученість;
- віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR) — для створення інтерактивного досвіду взаємодії з брендом (віртуальні примірки, демонстрації продуктів);
- омніканальність — для поєднання онлайн- і офлайн-комунікацій щодо створення безшовного користувацького шляху.

Такі інструменти формують емоційно-ціннісний простір, у якому споживач ідентифікує себе з брендом. Типовими прикладами є створення тематичних спільнот у Facebook, Instagram, Telegram, Discord або TikTok, де відбувається обмін відгуками, участь в акціях і створення користувацького контенту. Внаслідок цього формується цифрова лояльність, заснована не лише на якості товару, а й на спільному досвіді та емоційній прихильності.

Прикладами ефективного застосування таких стратегій є компанії Glossier і Nike [5, 6]. Glossier побудувала власну косметичну спільноту навколо бренду завдяки користувацькому контенту в Instagram, що забезпечило органічне зростання впізнаваності й продажів. Nike реалізувала концепцію цифрової ком'юніті через додаток Nike Run Club, який об'єднує бігунів, дозволяє їм ділитися результатами, брати участь у спільних викликах і підтримувати мотивацію, формуючи емоційну прихильність до бренду [6]. У таких спільнотах основними показниками ефективності є рівень залучення користувачів, частота активних взаємодій і повторні покупки.

Для B2B модель взаємодії базується на принципах раціональності, надійності та професійної співпраці. Тут IT відіграють роль інфраструктури, що підтримує аналітичну прозорість і управління партнерськими відносинами. Як зазначають І. Петрова, І. Дьячук і С. Зайцев [3], цифрова активність компаній у професійних мережах сприяє підвищенню рівня довіри, адже демонструє відкритість, компетентність і готовність до співпраці.

Сучасні B2B-платформи (наприклад, LinkedIn, Alibaba B2B, Clutch) дають змогу компаніям об'єднуватися у професійні спільноти, обмінюватися аналітичними матеріалами, брати участь у тендерах, конференціях та вебінарах. Такі спільноти формуються навколо цінності експертності, а не навколо продукту, що суттєво відрізняє їх від B2C-сегменту.

Прикладом вдалої інтеграції спільноти у B2B є компанія METRO, яка вибудувала професійну освітню спільноту HoReCa для рестораторів і готельєрів, створивши екосистему навчання, підтримки бізнесу та оптимізації асортименту [7]. Спільнота Pavilion є прикладом закритої мережі керівників B2B-компаній, що забезпечує обмін досвідом, менторство та розширення бізнес-контактів [8].

Для наочності порівняння ключових характеристик спільнот у моделях B2C та B2B наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика спільнот споживачів за моделями B2C і B2B

Критерій	B2C спільнота	B2B спільнота
Природа взаємодії	Побудована на емоційному зв'язку між брендом і споживачем	Ґрунтується на професійній довірі та ділових стосунках
Мета комунікації	Підвищення залучення, лояльності та відчуття спільності з брендом	Формування стабільного партнерства й довгострокової співпраці
Акцент	Масовість охоплення, швидкість реагування, персоналізовані пропозиції	Надійність, прозорість, аналітична обґрунтованість рішень

Критерій	B2C спільнота	B2B спільнота
Тип спільноти	Соціальна, інтерактивна, об’єднана навколо продукту або бренду	Професійна, експертна, сфокусована на обміні знаннями та досвідом
Показник успіху	Лояльність і активність споживачів	Якість взаємовідносин і тривалість контрактів

Розвиток інформаційних технологій сприяє не лише підвищенню ефективності маркетингових комунікацій, а й трансформації ролі споживача — із пасивного отримувача у повноцінного співтворця цінності.

Висновки

Інформаційні технології стають ключовим інструментом формування спільнот споживачів у сучасному бізнес-середовищі. У B2C-моделі вони формують емоційно орієнтовані, динамічні спільноти, у той час як у B2B — аналітично структуровані та професійно мотивовані мережі. Розуміння цих відмінностей дозволяє компаніям ефективніше використовувати цифрові інструменти для підвищення лояльності, довіри та конкурентоспроможності.

Перелік джерел посилання

1. Василенко С. О. Формування лояльності споживачів на ринку B2C в умовах цифровізації. Харків, 2021. Режим доступу: https://repo.btu.kharkiv.ua/items/d88f07d2-80a3-48cf-ae8d-54df93a7d7ca
2. Бойчук І. В. Підходи до вибору стратегії маркетингу для B2C і B2B бізнесу. Вісник Львівського торговельно-економічного університету, 2024, № 2. С. 55-61. Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-78-08
3. Петрова І., Дьячук І., Зайцев С. Активність компаній у соціальних мережах як чинник формування довіри споживачів на ринку B2B-послуг. Вчені записки Університету «КРОК», 2025, № 1. С. 215-222. Режим доступу: https://doi.org/10.31732/2663-2209-2025-79-215-222
4. Мальчик М. В., Созонюк Т. В. Фактори впливу на поведінку індустріальних online-споживачів у галузі інформаційних технологій (IT) на міжнародних ринках B2B та B2G. Економічний простір, 2023. № 198. Режим доступу: https://economic-prostir.com.ua/article/198-faktory-vplyvu-na-povedinku-industrialnyh-online-spozhyvachiv-u-galuzi-informaczijnyh-tehnologij-it-na-mizhnarodnyh-rynkah-b2b-ta-b2g-in-english
5. Glossier . Режим доступу: https://www.glossier.com/.
6. Nike. Режим доступу: https://www.nike.com/nrc-app.
7. HoReCa. Режим доступу: https://www.metro.ua/business/navchalni.
8. Pavilion. Режим доступу: https://joinpavilion.com.

УДК 004.4:656

Топор В. Е.,
магістрант 2 курсу спеціальності «Інформаційні системи та технології»

Мельников О. Ю.,
к.т.н., доцент, в. о. зав. каф. інтелектуальних систем прийняття рішень

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ СИПУЧИХ ВАНТАЖІВ

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна

Транспортний процес – це сукупність операцій з вантажами й транспортними засобами, у результаті виконання яких вантажі змінюють своє положення в просторі [1-2]. Транспортний процес є багатоелементним, тому що включає операції з рухомими засобами (процес перевезення) та операції з вантажами (навантаження й розвантаження). Для поліпшення діяльності транспортного підприємства можуть використатися різні способи автоматизації, у тому числі – математичне моделювання.

Розглянуте підприємство займається перевезенням сипучих матеріалів самоскидами вантажністю 25 тонн. Працює в кар'єрах на вивезенні матеріалу з одного складу на склади відповідно до маршруту. Основний матеріал – вогнетривка й сортова глини. Перевезення здійснюються зі складу кар'єру на відстані 16 – 50 км до різних міст. Автопарк підприємства складається з 10 вантажних автомобілів вантажністю 25 тонн кожний. У зміну одна машина робить до 7 ходок і перевозить до 175 тонн глини. Підприємство також надає послуги з перевезення щебеню, піску, вугілля й інших сипучих матеріалів.

Аналіз наявних даних дозволив зробити висновок, що всі замовлення можна об'єднати у дві групи:

– доставляння великої партії вантажу (як правило, сортова або вогнетривка глина) на один зазначений склад (вантажівка одержує завдання на зміну й виконує декілька ходок по одному маршруті);

– доставляння партії вантажу на кілька складів (вантажівка повинна розвезти вантаж за одну ходку по декількох складах).

Таким чином, задача оптимізації доставляння сипучих вантажів на розглянутому підприємстві містять у собі дві підзадачі:

– знаходження оптимального розподілу замовлень по одиницях транспорту з метою мінімізації витрат палива (кожен автомобіль має свої показники);

– знаходження оптимального шляху доставляння вантажу з метою мінімізації витрат часу.

При цьому логічно спочатку визначити оптимальний маршрут з розрахунком сумарних витрат часу, а потім провести розподіл замовлень по вантажівках:

$$F = \{F_1, F_2\} \to \min . \tag{1}$$

Особливістю задачі є те, що перша функція F_1 мінімізує сумарний час доставляння, а друга F_2 – сумарну витрату палива по всіх замовленнях, включаючи використані в першій підзадачі.

Сформулюємо математичну постановку задачі забезпечення доставляння вантажу за мінімальний час.

Функція знаходження оптимуму запишеться так [3]:

$$F_1(X) = \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0}^{N} C_{ij} \cdot X_{ij} \to \min, \tag{2}$$

де: N – число пунктів призначення, куди необхідно доставити вантаж; C_{ij}, i,j=0..N – матриця

витрат, де C_{ij} – час, затрачуваний водієм на переїзд від і-й точки в j-ю (нульовий індекс – це вихідна точка, база, кар'єр), X_{ij} – матриця переходів з компонентами: $X_{ij} = 1$, якщо водій робить переїзд від і-й точки в j-ю, $X_{ij} = 0$, якщо не робить переїзду, де i, j = 0..N й i ≠ j.

Обмеження:

$$\sum_{i=0}^{N} X_{ij} = 1, \quad i = 0..N \tag{3}$$

$$\sum_{j=0}^{N} X_{ij} = 1, \quad j = 0..N \tag{4}$$

$$U_i - U_j + N \cdot X_{ij} \le N-1, \quad i, j = 0..N, \ i \ne j. \tag{5}$$

Умова (3) означає, що водій кожен пункт призначення залишає тільки один раз; умова (4) – під'їжджає до кожного пункту призначення тільки один раз; умова (5) забезпечує замкнутість маршруту, що містить N точок, і не має замкнутих внутрішніх петель.

Відстані між пунктами призначення зафіксуємо у вигляді витрат часу, необхідних на переміщення від однієї точки до іншої. Витрати враховують можливі затримки в шляхи, очікування біля блоків-постів тощо. Оскільки при переміщенні можливий проїзд по містах і вулицям з однобічним рухом, час на переїзд від і-й точки до j-й і на переїзд від j-й точки до і-й можуть відрізнятися:

$$C_{ik} \ne C_{ji}. \tag{6}$$

Таким чином, ми маємо постановку асиметричного завдання. Оскільки кожному водієві на зміну виділяється для відвідування не більше 10 пунктів призначення, для рішення завдання можна застосувати метод повного перебору, що вимагає перебору максимум (n-1)! варіантів (9! = 362880).

Сформулюємо математичну постановку задачі забезпечення оптимального розподілу замовлень по вантажівках.

Функція знаходження оптимуму запишеться так:

$$F_2(R) = \sum_{i=1}^{M} \frac{R_i}{100} \cdot N_i^r \cdot KM_i \to \min, \tag{7}$$

де: M – число замовлень – складів, куди необхідно доставити вантаж;

R_i, $i=1..M$ – витрата палива на 100 км для вантажівки, що була призначена на і-е замовлення;

N_i^r, $i=1..M$ – число рейсів («ходок»), що повинна зробити вантажівка для виконання і-го замовлення;

KM_i, $i=1..M$ – число кілометрів, які потрібно пройти для виконання замовлення.

Число рейсів та число кілометрів не залежать від обраної вантажівки, тому основний аргумент для функції з формули (7) – це витрата палива.

Далі розробляється інформаційна модель системи та здійснюється її програмна реалізація.

Перелік джерел посилання

1. Никончук В. М. та ін. Комплексна підготовка фахівців з транспортних технологій на автомобільному транспорті: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2025. 453 с.

2. Полозова Т. В., Бобко Н. В. Схеми організації перевізного процесу в контексті транспортної логістики. Сучасні стратегії економічного розвитку: наука, інновації та бізнес-освіта. Матеріали II Міжнародної науковопрактичної конференції (м. Харків, 2 листопада 2021 р.) / За заг. ред. Т. В. Полозової. Харків: ХНУРЕ, 2021. С. 127-129.

3. Мельников О. Ю., Кубан Є. М. Використання математичного моделювання для розрахунку оптимального шляху доставки сипучих вантажів. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали Міжнародної науково-практичної

конференції, М-во освіти і науки України; М-во культури України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв, Київ Видавничий центр КНУКіМ, 2019. С.174-175.

УДК 330.46:519.87

У Чаншен,
студент 2 курсу магістратури спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Інформаційні системи»

Бредіхін В. М.,
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРЕКІНГУ МІЖНАРОДНИХ ПОШТОВИХ ВІДПРАВЛЕНЬ НА БАЗІ ВЕБ-СЕРВІСІВ ТА ML-АЛГОРИТМІВ

Харківський національний університет міського господарства ім. Бекетова, Україна

Постановка проблеми

Глобалізація електронної комерції спричинила різке зростання кількості міжнародних поштових відправлень. Оператори поштового зв'язку використовують різнорідні інформаційні системи та сервіси трекінгу, що ускладнює автоматичне отримання даних про переміщення посилок. Окремою проблемою є CAPTCHA-захист, який блокує автоматизований доступ до інформації. Розроблення єдиної системи обробки та агрегування даних із застосуванням машинного навчання є важливою науковою та практичною задачею для підвищення прозорості логістичних процесів, зменшення шахрайства та підсилення зручності для кінцевих користувачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Багато робіт за цією тематикою присвячено особливостям функціонування офіційних систем відстеження поштових відправлень з використанням регулярних виразів, обробки веб-сторінок, методам комп'ютерного зору, розпізнаванню CAPTCHA та нейронним мережам (FANN, OpenCV). Однак у більшості робіт увага приділяється окремим підсистемам, а не інтегрованим рішенням. Відсутні комплексні дослідження, що поєднують автоматичний збір даних із багатьох джерел, машинне розпізнавання зображень та побудову єдиного середовища трекінгу.

Постановка задачі

Досі недостатньо опрацьованими залишаються такі питання:

– автоматичне обходження CAPTCHA у реальних умовах та з урахуванням низької якості зображень;

– уніфікація процесів отримання даних із веб-сервісів різних країн з різними форматами HTML-виходу;

– формування узагальненої таблиці подій для міжнародних відправлень з різних служб;

– зменшення часу відповіді при багатопоточному опрацюванні;

– створення web-інтерфейсу, максимально зручного для користувача.

Саме вирішенню цих питань присвячена дана робота.

Метою дослідження є створення системи, що дозволяє автоматизувати процес відстеження поштових відправлень на основі технологій машинного навчання.

Виклад основного матеріалу

У ході дослідження було розроблено архітектуру програмного комплексу для трекінгу поштових відправлень, що об'єднує кілька модулів:

– модуль обробки запитів користувача (інтерфейс на HTML/CSS із використанням CGI);

– модуль аналізу даних трекінгу (використання регулярних виразів для вилучення інформації з HTML-відповідей серверів);

– модуль розпізнавання CAPTCHA (нейронна мережа, навчена на 1600 зразках із використанням бібліотеки FANN);

– модуль збереження даних у форматах *.xls та *.ods для подальшого аналізу.

Система реалізована мовою Python з використанням бібліотек PIL, OpenCV, FANN, що забезпечує високу швидкість розробки та кросплатформність.

Розпізнавання CAPTCHA пошти Китаю досягло точності близько 33%, що є задовільним для першої ітерації. Програмний продукт успішно виконує автоматичне визначення країн відправлення і призначення, а також збір і консолідацію даних з кількох міжнародних поштових сервісів.

Для розпізнавання використано нейронну мережу (FANN) із вхідним шаром 484 нейрони (22×22 пікселі). Досягнуто рівня розпізнавання ~33%, що є суттєвим результатом з урахуванням низької якості CAPTCHA.

На основі аналізу було сформовано універсальний підхід до вилучення даних із веб-сервісів. Для кожного сервісу було реконструйовано параметри HTTP-запиту, визначено структуру відповіді та виділено ключові блоки інформації, які містять дату, місце проходження та статус поштового відправлення. Доступ до цих даних забезпечувався шляхом аналізу HTML-коду та застосування регулярних виразів, що дозволило отримати уніфікований формат даних для подальшої обробки та створено інтегровану web-систему з реєстрацією користувача, списком трек-кодів, миттєвим оновленням інформації через Ajax та експортом у *.xls і *.ods.

Під час тестування підтверджено стабільність роботи алгоритмів, коректність визначення країн, правильну інтеграцію даних з різних служб і працездатність багатопоточної обробки.

Висновки

У результаті дослідження було створено прототип системи автоматизованого відстеження поштових відправлень із використанням технологій машинного навчання. Запропонована архітектура забезпечує можливість подальшої інтеграції з іншими поштовими системами та розширення функціоналу.

Перспективними напрямами розвитку є:

– удосконалення моделей нейронних мереж для підвищення точності розпізнавання CAPTCHA;

– інтеграція з мобільними додатками;

– використання хмарних сервісів для зберігання даних і масштабування обчислень;

– застосування методів штучного інтелекту для прогнозування термінів доставки..

Перелік джерел посилання

1. Kovac I., Naletina D., Kuvac A. The significance and importance of delivery in electronic commerce. Conference Paper. URL: https://www.researchgate.net/publication/324412181 (дата звернення: 25.10.2025).

2. Regular expression: Docs. URL: https://www.codecademy.com/resources/docs/general/ regular-expressions (дата звернення: 05.11.2025).

3. Maurer N. Arms Control Among Rivals. URL: https://npolicy.org/article_file/Maurer_NPEC_Future_Arms_Control_Paper.pdf (дата звернення: 15.11.2025).

4. A Complete Guide on Hough Transform. URL: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/06/a-complete-guide-on-hough-transform/ (дата звернення: 15.11.2025).

УДК 658.15:004

Чубов Р. М.,
аспірант
спеціальності 073 «Менеджмент»
ОНП «Менеджмент»

АНТИКРИЗОВЕ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПЕРІОДИ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Постановка проблеми. Сучасні підприємства все частіше опиняються в умовах економічної нестабільності: глобальні кризи, фінансові шоки, геополітичні потрясіння та наслідки пандемій створюють серйозні виклики для їх виживання. У таких ситуаціях традиційні методи антикризового управління, основані на ручних процесах, ієрархічному прийнятті рішень та ретроспективному аналізі виявляються недостатньо оперативними й гнучкими. Велика ймовірність затримок, неточностей або навіть втрат через людський фактор – особливо, коли потрібно швидко реагувати на нові загрози.

Поряд із цим, сучасні інформаційні технології (ІТ) відкривають нові можливості для антикризового управління: цифровий моніторинг, аналітика даних у реальному часі, автоматизація процесів, і навіть штучний інтелект. Однак багато підприємств не встигають ефективно інтегрувати ці технології у свої антикризові стратегії: відсутні цілісні моделі механізмів, нестача компетенцій персоналу, проблеми з безпекою або небажання інвестувати в ІТ у кризовий період. Це породжує гостру проблему: як побудувати ефективне антикризове управління, яке базується на сучасних інформаційних технологіях і дозволяє підприємствам витримувати періоди нестабільності?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі зростає інтерес до поєднання антикризового управління й цифрових технологій. Так, Н. Гавкалова, Л. Акімова та О. Акімов у статті «Механізм антикризового управління в епоху цифрових технологій» [3] досліджують теоретичну основу кризи як трансформаційного процесу й пропонують модель інтеграції ІТ-інструментів у антикризову систему.

Українські дослідники О. Шуміло, О. Заіка та Р. Чаладзе в статті «Особливості та проблеми антикризового менеджменту в умовах сучасних викликів» [6] розглядають роль цифрових ризиків, змін організаційної структури та технологічної невизначеності під час криз.

Інша важлива праця «Інновації як інструмент антикризового управління підприємством» (І. Нечаєва, Л. Шитікова) [5] – показує, як інноваційні (цифрові) рішення забезпечують гнучкість, адаптивність і стійкість навіть у сільськогосподарських компаніях, які піддаються значним ризикам.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є побудова концептуального *механізму антикризового управління підприємством*, побудованого на сучасних інформаційних технологіях, що дозволяє підприємствам не просто виживати під час економічної нестабільності, а бути стійкими, адаптивними і навіть зростати.

Виклад основного матеріалу. Концептуальна модель антикризового управління з ІТ-підтримкою може бути розглянута як система, яка включає три взаємопов’язані підсистеми: інформаційно-аналітичну, організаційно-управлінську і технологічну.

Інформаційно-аналітична підсистема відповідає за збір даних (внутрішніх та зовнішніх), їх обробку та аналіз у режимі реального часу. До її інструментів належать платформи big data, системи Complex Event Processing (CEP), дашборди KPI в реальному часі. CEP-архітектури, як описано в дослідженні Ітріа та ін., можуть корелювати події з різних джерел (соціальні мережі, IoT-датчики, внутрішні системи) і виявляти аномалії, що можуть сигналізувати про наближення кризи.

Технологічна підсистема охоплює IT-інфраструктуру: дата-центри або хмарні сервіси, платформи AI (штучний інтелект) та машинного навчання, системи кібербезпеки, автоматизовані модулі прийняття рішень. Наприклад, використання AI дозволяє прогнозувати сценарії розвитку кризи, оптимізувати ресурси й пропонувати адаптивні стратегії реагування.

Організаційно-управлінська підсистема включає зміни в структурі управління, процесах прийняття рішень та планування. На основі класичного моделлю кризового менеджменту Іана Мітроффа, ця підсистема реалізує п'ять основних етапів: виявлення попереджувальних сигналів, підготовка, обмеження збитків, відновлення та навчання. IT підтримка на кожному з етапів відіграє критичну роль: аналітика сигналів, симуляція сценаріїв, автоматизовані протоколи реагування, вивчення уроків кризи з допомогою машинного навчання [5; 6].

Для більш наочної систематизації моделі запропоновано табличне узагальнення.

Таблиця 1

Модель IT-механізму антикризового управління підприємством

Підсистема	**Функції під час кризи**	**Інструменти IT**
Інформаційно-аналітична	Моніторинг, виявлення ранніх сигналів, аналіз загроз	Big data, CEP, дашборди, соціальний аналіз
Технологічна	Передбачення, автоматизація реагування, захист систем	AI, ML, системи кібербезпеки, хмарні сервіси
Організаційно-управлінська	Координація антикризових дій, планування, відновлення, навчання	Системи підтримки рішень, симуляція сценаріїв, інструменти тренувань

Джерело: розроблено автором на основі [1-4].

Ключовими принципами побудови такої системи є *прозорість, гнучкість, проактивність і навчання.* Прозорість означає відкритий доступ до аналітичної інформації й звітів – керівники мають чітке уявлення про кризову ситуацію і можуть приймати обґрунтовані рішення. Гнучкість забезпечується здатністю системи адаптуватися до нових даних, змінити пріоритети ресурсів або реагувати на нові загрози. Проактивність передбачає, що система не просто чекає на кризу, а прогнозує її за допомогою AI-алгоритмів, симуляцій та подієвої кореляції. Навчання – це процес аналізу кризи після її подолання, витягування уроків і автоматичного оновлення моделей і протоколів реагування [2; 5].

Окрему увагу слід приділити бар'єрам впровадження: високі початкові витрати на IT, опір змінам з боку персоналу, проблеми з кібербезпекою, недостатній рівень цифрових компетенцій. Крім того, необхідна політика конфіденційності та безпеки даних, щоб уникнути витоків або зловживань під час кризового моніторингу .

Практичне впровадження моделі може проходити в кілька етапів. Перший етап – оцінка готовності: аудит існуючої IT-інфраструктури, аналіз внутрішніх процесів, визначення потенційних джерел сигналів і даних. Другий – розробка антикризової IT-стратегії: вибір платформ, визначення KPI, сценаріїв реакції. Третій – впровадження технологій: налаштування CEP-систем, інтеграція AI, запуск дашбордів, тестування. Четвертий – тренування персоналу (симуляції, навчальні моделі). П'ятий – моніторинг і корекція: збір даних після кризи, аналіз результатів, оновлення алгоритмів.

Висновки. Антикризове управління, підсилене сучасними інформаційними технологіями, становить собою ефективний інструмент для підвищення стійкості підприємств у періоди економічної нестабільності. Запропонована модель, яка інтегрує інформаційно-аналітичну, технологічну та організаційно-управлінську підсистеми, дозволяє виявляти ранні сигнали кризи, автоматизувати процес реагування, прогнозувати сценарії, а також здійснювати навчання після кризових подій.

Головні переваги такого підходу – підвищення швидкості реакції, зниження ризику неправильних або затриманих рішень, оптимізація ресурсів та більш ефективне планування. Проте

реалізація цієї моделі передбачає подолання бар'єрів: фінансових, організаційних, технічних та культурних.

Для майбутніх досліджень рекомендується провести емпіричні кейси впровадження цієї моделі на підприємствах різних галузей (промисловість, послуги, агросектор), а також проаналізувати вплив ІТ-механізмів на ключові показники: витрати, збитки, час реагування, швидкість відновлення та довгострокову конкурентоспроможність.

Перелік джерел посилання

1. Богашко О. Л., Космідайло І. В. Ризик-менеджмент у системі функціонального управління: роль лідерства, кризових комунікацій та прийняття рішень в умовах організаційних змін. Сталий розвиток економіки. 2025. №5 (56). С. 329–335. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-45

2. Богашко О. Л. Теоретико-методичні аспекти конкурентоспроможності економіки держави. Актуальні проблеми економіки та управління в епоху глобальних викликів і загроз : Зб. мат.-лів всеукр. наук.-практ. конф., Дніпро, 26-27 квіт. 2018 р. В 2-х томах. Т. 1. / Нац. метал. академія України. 2018. С. 297–299. URL: https://dspace.udpu.edu.ua:8181/handle/6789/9057

3. Гавкалова Н., Акімова Л., Акімов О. Механізм антикризового управління в епоху цифрових технологій. Marketing and Management of Innovations. 2023. Т. 14, № 4. С. 188–199. DOI: https://doi.org/10.21272/mmi.2023.4-14

4. Нечаєва І. А., Шитікова Л. В. Інновації як інструмент антикризового управління підприємством. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2022. № 4. С. 13–23. DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.13

5. Шуміло О. С., Заіка О. В., Чаладзе Р. М. Особливості та проблеми антикризового менеджменту в умовах сучасних викликів. Бізнес Інформ. 2024. №10. С. 426–432. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-10-426-432

УДК 004.4:378.1

Щербина Б. Т.,
студент 4 курсу спеціальності «Інформаційні системи та технології»

Мельников О. Ю.,
к.т.н., доцент, в. о. зав. каф. інтелектуальних систем прийняття рішень

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТВОРЕННЯ ШІ-АГЕНТА ДЛЯ СПРОЩЕННЯ ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ САЙТУ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, Україна

В умовах дистанційного та сучасного навчання, не всі університети мають зручні цифрові рішення для доступу до розкладу, новин, навчальних платформ або офіційних документів. Так, наприклад, в ДДМА обмежуються використанням Telegram бота [1–4] зі статичними командами, які не здатні обробляти запити природною мовою чи враховувати індивідуальні потреби користувачів. Такий підхід змушує студентів витрачати час на ручний пошук даних і не забезпечує персоналізованої взаємодії. Розвиток технологій штучного інтелекту створює можливість подолати ці проблеми за допомогою інтелектуального ШІ-агента [5–6], здатного розуміти контекст запиту, працювати з офіційними документами, навчальними системами та цифровими календарями. Такі рішення можуть не лише надавати інформацію, а й автоматизувати дії, наприклад додавати події до Google Calendar [7], нагадувати про кінцеві терміни чи зміни в розкладі, забезпечуючи інтеграцію різних сервісів навчального закладу в єдиний інтерфейс.

Створення ШІ-агента для доступу до інформації закладу вищої освіти включає багато співзалежних елементів, а саме пошук у документах, персоналізація відповідей, обробка природної мови, робота з векторною базою даних [8] та вибір відповідних дій. Щоб формально описати

роботу системи та забезпечити можливість її подальшого аналізу необхідно подати математичну модель.

Нехай на вході системи маємо множину інформаційних джерел закладу вищої освіти:

$$D = \{d_1, d_2, ..., d_n\}, \tag{1}$$

де кожен документ d_i може бути розкладом, оголошенням, новиною, наказом, таблицею, сторінкою сайту тощо.

Для формування семантичного простору документів, кожен документ d_i після попередньої обробки перетворюється у текстові фрагменти:

$$T_i = \{t_{i1}, t_{i2}, ..., t_{\Im_i}\} \tag{2}$$

Для кожного фрагмента обчислюється векторне подання:

$$u_{ij} = f(t_{ij}) \in R^k, \tag{3}$$

де: $f0$ – функція перетворення тексту у вектор;

k – розмірність семантичного простору.

Множина всіх векторів документів:

$$V = \{v_{11}, v_{12}, ..., v_{nm_n}\}. \tag{4}$$

Ця множина зберігається у векторній базі даних.

Семантична близькість між запитом та фрагментом документа визначається через косинусну подібність:

$$S(v_q, v_{ij}) = \frac{v_q \quad v_{ij}}{\|v_q\| \|v_{ij}\|}. \tag{5}$$

Задача пошуку релевантних фрагментів:

$$R(q) = TopK_{t_{ij} \in T}(S(v_q, v_{ij})). \tag{6}$$

Таким чином, знайдені фрагменти є найрелевантнішими за змістом, а не за ключовими словами.

Для прийняття рішень ШІ-агент має множину доступних інструментів з MCP серверу [9]:

$$A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}, \tag{7}$$

де приклади інструментів:

a_1 – отримати розклад;

a_2 – виконати семантичний пошук;

a_3 – додати подію у Google Calendar;

a_4 – знайти документ на сайті;

a_5 – інтеграція з зовнішніми сервісами.

На основі наміру користувача:

$$I = g(q), \tag{8}$$

ШІ-агент вибирає інструмент:

$$a = \frac{argmaxU(a,I)}{a \in A}, \quad (9)$$

де $U(a,I)$ – корисність інструмента для виконання наміру.

Формування підсумкової відповіді:

$$Answer(q) = h(R_p(q, C_u), a), \quad (10)$$

де:

h – функція генерації тексту, за допомогою великої мовної моделі;

R_p – релевантні персоналізовані дані користувача;

a – обраний інструмент.

Підсумкова відповідь може мати в собі витягнуту інформацію з документа, вказівку на джерело або запропоновану дію, наприклад додати подію в календар.

Таким чином система ШІ-агента забезпечує персоналізований, семантичний і автоматизований доступ до контекстної інформації закладу вищої освіти, підвищуючи ефективність взаємодії студентів та абітурієнтів із цифровими сервісами та автоматизацію рутинних дій.

Перелік джерел посилання

1. Telegram Bot Platform. [Електронний ресурс]. URL: https://telegram.org/blog/bot-revolution. Дата звернення: 19.11.2025.
2. Мельников О. Ю., Пеліх Є. П. Використання телеграм-ботів для спрощення доступу до інформації закладу вищої освіти. Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2024 року, мм. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль / [за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon.D.Sc., prof. Predrag Dasic]. Краматорськ: ДДМА, 2024. С. 207-210.
3. Пеліх Є. П., Мельников О. Ю. Задача створення «Телеграм-бота» для спрощення доступу до інформації закладу вищої освіти. Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики: збірник тез за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка, 2024. С. 539-540.
4. Мельников О. Ю., Пеліх Є. П. Спрощення доступу до навчальної інформації за допомогою Telegram-бота. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції, Черкаси, 2025. С. 125-128.
5. AI agents – what they are, and how they'll change the way we work. [Електронний ресурс]. URL: https://news.microsoft.com/source/features/ai/ai-agents-what-they-are-and-how-theyll-change-the-way-we-work. Дата звернення: 19.11.2025.
6. Мельников О. Ю., Щербина Б. Т. Створення ШІ-агента для спрощення доступу до інформації сайту закладу вищої освіти. Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2025 року, мм. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль / [за заг. ред. д-ра техн. наук., проф. С. В. Ковалевського і Hon.D.Sc., prof. Predrag Dasic]. Краматорськ: ДДМА, 2025. С. 212-215.
7. Shareable Online Calendar. [Електронний ресурс]. URL: https://workspace.google.com/products/calendar/. Дата звернення: 19.11.2025.
8. What Is a Vector Database? [Електронний ресурс]. URL: https://www.oracle.com/ua/database/vector-database/. Дата звернення: 19.11.2025.
9. What is the Model Context Protocol (MCP)? [Електронний ресурс]. URL: https://modelcontextprotocol.io/docs/getting-started/intro. Дата звернення: 19.11.2025.

СЕКЦІЯ 5.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ ТА В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 538.975:621.383.5

Алгаєв О .В.
студент 4 курсу
спеціальності «Комп'ютерні науки»
ОПП «Комп'ютерні науки»

Дяденчук А. Ф.,
к.т.н., доцент, доцент
кафедри вищої математики та фізики

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕТЕРОСТРУКТУРИ ZNO/CU_2O У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя

Пошук ефективних, екологічно безпечних та економічно доцільних матеріалів для сонячних елементів є одним із ключових напрямів сучасної енергетики [1]. Традиційні кремнієві технології, попри високі показники ефективності, залишаються енергоємними та дорогими, що зумовлює необхідність пошуку альтернативних матеріалів на основі оксидів металів. З цього погляду, перспективними для створення недорогих та екологічно чистих сонячних елементів є гетероструктури на основі оксидів металів [2]. Гетероструктура ZnO/Cu_2O привертає увагу дослідників завдяки поєднанню прозорого оксиду цинку (ZnO) з високою електронною мобільністю та оксиду міді (Cu_2O), який має добрі абсорбційні властивості в області видимого спектра [3-4]. Проте практичне застосування таких структур обмежується складністю їх оптимізації, зокрема через вплив дефектів, температурної нестабільності та неоднорідності матеріалів. У зв'язку з високою вартістю виготовлення гетероструктур, початковий аналіз фотоелектричних гетероструктур прийнято проводити за допомогою математичного та комп'ютерного моделювання. Так, у роботі [5] досліджено тандемні сонячні елементи на основі Cu_2O/ZnO, де підкреслено важливість буферних шарів для стабільності структури. Автором [6] здійснено моделювання структури ZnO/CuO/Cu_2O у середовищі SCAPS-1D, з ефективністю до 12% при оптимізації товщини шарів. Однак у більшості наявних досліджень використовуються складні фізичні моделі, які потребують спеціалізованого програмного забезпечення. Моделювання в середовищі Matlab дозволяє реалізувати спрощені підходи до аналізу фотоелектричних властивостей, що є корисним як для освітніх, так і для дослідницьких цілей. У даній роботі реалізовано саме спрощений підхід у Matlab, орієнтований на методичне моделювання.

Метою роботи є розробка спрощеної чисельної моделі гетероструктури ZnO/Cu_2O у середовищі Matlab, яка дозволяє оцінити основні фотоелектричні параметри, дослідити вплив температури, освітленості та геометричних параметрів, продемонструвати можливості Matlab як інструменту для початкового аналізу гетероструктур.

У Matlab реалізовано модель гетероструктури ZnO/Cu_2O з урахуванням параметрів, наведених в таблиці 1. Запропонована модель не враховує складні механізми рекомбінації, спектральну залежність поглинання та серійний опір, що дозволяє зосередитися на базових залежностях між параметрами.

Розрахунок V_{oc} здійснено за спрощеною формулою, що враховує різницю між ширинами заборонених зон та концентраціями власних носіїв. Струм короткого замикання I_{sc} оцінено як пропорційний освітленості та товщині шару Cu_2O. Ефективність розраховано умовно, без врахування втрат на межі розділу. Проведено серію симуляцій для оцінки впливу температури (250-350 К) на V_{oc} та товщини ZnO (50-150 нм) на ефективність η.

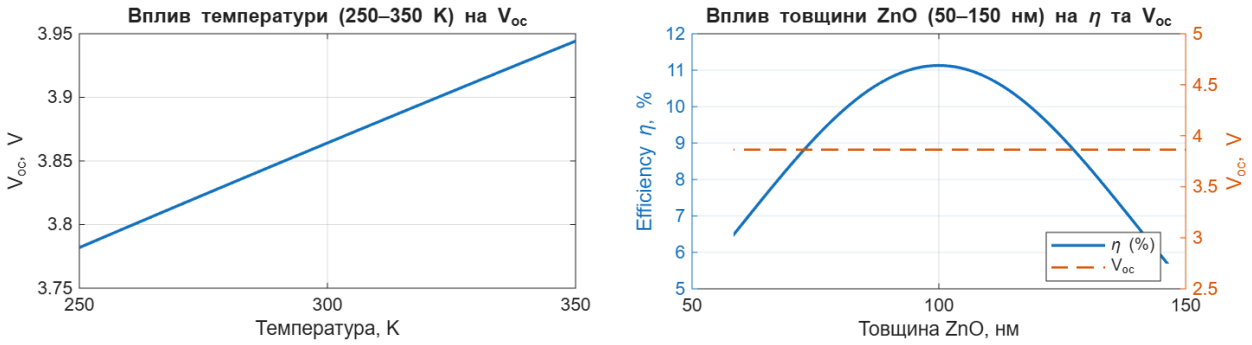
Модель залежності напруги холостого ходу V_{oc} від температури демонструє зростання V_{oc} зі збільшенням температури (рис. 1, а), що є наслідком зменшення зворотного струму I_0 при підвищенні температури у спрощеній формулі. Така поведінка характерна для моделей, де температурна залежність домінує над рекомбінаційними втратами. З рис. 1, б бачимо, що

ефективність має максимум при товщині ~100 нм, що відповідає оптимальній прозорості та колекції носіїв. Напруга V_{oc} залишається майже незмінною, що свідчить про її слабку залежність від геометричних параметрів ZnO у межах даної моделі. Тобто, отримані результати свідчать, що V_{oc} зменшується із зростанням температури, а оптимальна товщина ZnO для максимізації η становить близько 100 нм.

Таблиця 1

Параметри шарів гетероструктури ZnO/Cu_2O

Параметр	**ZnO**	**Cu_2O**
Тип провідності	n-тип	p-тип
Товщина, нм	100	500
Ширина забороненої зони, еВ	3.3	2.1
Температура, К	300	
Освітленість, Вт/м²	1000	



а б

Рис. 1. Вплив температури та товщини шару ZnO на фотоелектричні параметри гетероструктури ZnO/Cu_2O: а) залежність напруги холостого ходу V_{oc} від температури; б) залежність ефективності η та напруги V_{oc} від товщини шару ZnO (50-150 нм)

Висновки. Розроблена спрощена модель гетероструктури ZnO/Cu_2O у Matlab дозволяє ефективно оцінити основні фотоелектричні параметри та провести базовий аналіз чутливості. Модель може бути використана як навчальний інструмент, а також як основа для подальшого розширення з включенням фізично обґрунтованих механізмів. Оптимальні параметри структури — товщина ZnO 100 нм, Cu_2O 500 нм. Подальші дослідження можуть включати моделювання рекомбінації, спектральної залежності та впливу дефектів.

Перелік джерел посилання

1. Сараненко І. І. Реалізація та перспективи екологічно чистих технологій в Україні. Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. К. : Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 5(50). С. 48-53.
2. Dyadenchuk A. Modeling of photovoltaic characteristics of a TiO2/porous-Si/Si-based heterojunction solar cell. Nano Hybrids and Composites. 2024. V. 43. Pp. 13-22.
3. Ievskaya Y., Hoye R. L. Z., Sadhanala A., Musselman K. P., MacManus-Driscoll J. L. Fabrication of ZnO/Cu2O heterojunctions in atmospheric conditions: Improved interface quality and solar cell performance. Solar Energy Materials and Solar Cells. 2015. V. 135. Pp. 43-48.
4. Koné K. E., Bouich A., Soro D., Soucase B. M. Insight of ZnO/CuO and ZnO/Cu2O solar cells efficiency with SCAPS simulator. Optical and Quantum Electronics. 2023. V. 55(7). P. 616.
5. Fara L., Chilibon I., Vasiliu I.C., Craciunescu D., Diaconu A., Fara S. On Numerical Modelling and an Experimental Approach to Heterojunction Tandem Solar Cells Based on Si and Cu_2O/ZnO. Coatings. 2024. V. 14(3). P. 244.
6. Lam N.D. Modelling and numerical analysis of ZnO/CuO/Cu_2O heterojunction solar cell using SCAPS. IJLEO. 2020. V. 2. P. 025033.

УДК 620.92

Клішня С. С.,
студент 6 курсу спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
ОПП «Електротехніка та електротехнології»

Оніпченко Р. С.,
студент 5 курсу спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
ОПП «Електротехніка та електротехнології»

Степанчиков Д. М.,
к.ф-м.н., доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СТАНЦІЙ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми. Станом на 2024 рік 60 країн світу зробили питання розвитку вітрової енергетики основою своїх кліматичних зобов'язань. І завдяки таким сміливим політичним рішенням, світ починає використовувати потенціал вітру та забезпечувати стійке, екологічно чисте та енергетично безпечне майбутнє.

Для успішного та прибуткового розвитку вітроенергетики розуміння зміни швидкості вітру та її доступності для виробництва електроенергії є критично важливим. Вітер – це метеорологічний параметр, який сильно коливається з часом та за місцем розташування, тому його необхідно добре розуміти. Частіше для опису розподілу вітрового потенціалу використовують двопараметричну функцію Вейбула. Проте для випадків, коли розподіл швидкості вітру по градаціях має нетиповий для відкритих місцевостей характер точності функції Вейбула буває недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. Альтернативним підходом до вирішення задач опису функції розподілу швидкості вітру є використання принципу максимуму ентропії [1,2]. Застосування принципу максимуму ентропії потребує значних та складних математичних обчислень у порівнянні з іншими методами, що можна вважати недоліком цього методу. Використовується метод Ньютона для розв'язку нелінійних N+1 рівнянь з множниками Лагранжа, розширеного у вигляді ряду Тейлора. Для знаходження множників Лагранжа використовується ітераційний метод. Тому дотепер метод максимуму ентропії не отримав широкого розповсюдження у вітроенергетичних розрахунках.

Постановка задачі. Метою роботи є обґрунтування можливості застосування принципу максимуму ентропії для дослідження продуктивності роботи вітроенергетичних станцій, розробка автоматизованого підходу до визначення множників Лагранжа та доведення переваг методу максимуму ентропії над традиційним методом розподілу Вейбула.

Виклад основного матеріалу. Для швидкості вітру υ як випадкової величини, заданої на інтервалі $(\upsilon_{\min},\upsilon_{\max})$ і яка описується певною функцією розподілу $f(\upsilon)$, ентропія визначається формулою [1,2]:

$$H = -\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} f(\upsilon)\ln\left(f(\upsilon)\right)d\upsilon \tag{1}$$

а функція розподілу матиме вигляд:

$$f(\upsilon)=\begin{cases} 0, & \upsilon<\upsilon_{\min} \\ A\exp\left(-\sum_{i=0}^{n}\lambda_i g_i(\upsilon/\upsilon_c)\right), & \upsilon_{\min}\le\upsilon\le\upsilon_{\max} \\ 0, & \upsilon>\upsilon_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

де $g_i(\upsilon/\upsilon_c)$ – моментні або координатні функції, υ_c – середня швидкість вітру, λ_i – множники Лагранжа, причому $g_0(\upsilon/\upsilon_c)=1$, константа A визначається з умови нормування $\int_{\upsilon_{\min}}^{\upsilon_{\max}} f(\upsilon)d\upsilon=1$. При розрахунках було прийнято $\upsilon_{\min}$=0.1 м/с, $\upsilon_{\max}$=20.6 м/с, υ_c = 6.6 м/с. Для визначення множників Лагранжа застосовується пакет Curve Fitting системи Matlab.

В роботі проведено моделювання та дослідження вітрових ресурсів у місці розташування вітропарку “Старий Самбір - 2”, а також розрахунок і порівняння фактичного річного вироблення електроенергії та розрахованого на основі застосування методу максимуму ентропії і розподілу Вейбула. Вітропарк загальною потужністю 20.7 МВт, складається з шести вітротурбін фірми Vestas типу V126-3.45, одиничною потужністю 3.45 МВт кожна [3].

У таблиці 1 наведено результати розрахунку параметрів λ_i для деяких наборів моментних функцій, нормувальних констант A, а також максимальні значення ентропії $H_{\max}$, середньоквадратичні похибки апроксимації *RMSE* та коефіцієнти детермінації R^2 (кореляції). Порівняння результатів розрахунків проводиться між різними функціями розподілу типу (2), а також з функцією двопараметричного розподілу Вейбула [1].

Таблиця 1

Параметри функцій розподілу для деяких наборів моментних функцій

№	$g_i(\upsilon/\upsilon_c)$	$H_{\max}$	A	*RMSE*	R^2	к-ти апроксимації
1	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$	2.354	1.032	0.014	0,891	λ_0 = 3.880; λ_1 = -0.761; λ_2 = 0.073
2	$\ln(\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln^2(\upsilon/\upsilon_c)$	2.526	0.973	0.007	0.981	λ_0 = 6.289; λ_1 = -5.693; λ_2 = 1.848
3	υ/υ_c, $(\upsilon/\upsilon_c)^2$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.462	0.978	0.024	0.973	λ_0 = 4.457; λ_1 = 1.171; λ_2 = -0.020; λ_3 = -2.424
4	υ/υ_c, $\ln(1+\upsilon/\upsilon_c)$, $\ln(1+(\upsilon/\upsilon_c)^2)$	2.483	0.924	0.012	0.955	λ_0 = 5.324; λ_1 = 0.737; λ_2 = -2.456; λ_3 = -0.835
5	Розподіл Вейбула	2.350	—	0,018	0,910	γ = 2.315; β = 6.440

Параметри $H_{\max}$ і R^2 потребують максимізації, параметр *RMSE* – мінімізації. Тому оптимальним за цим набором критеріїв можна вважати варіант №2. Порівняння оптимальної функції №2 з розподілом Вейбула та з експериментальним розподілом швидкості вітру у місці розташування ВЕС “Старий Самбір - 2” наведено на рис.1(а), характеристика потужності ВЕУ Vestas V126-3.45 наведена на рис.1(б). Пускова швидкість вітротурбіни 3 м/с, критична швидкість зупинки – 22 м/с, номінальна швидкість – 11 м/с.

З рис.1(а) чітко видно, що метод максимуму ентропії краще описує експериментальні дані в усьому діапазоні їх зміни. Особливо слід відмітити більш адекватний опис області великих швидкостей вітру методом максимуму ентропії. Для визначення потенційної продуктивності конкретних вітроустановок важливим є точне знання питомої ваги великих та малих швидкостей, оскільки енергетична оцінка виражається кубічною залежністю і тому більш чутлива до швидкості вітру.

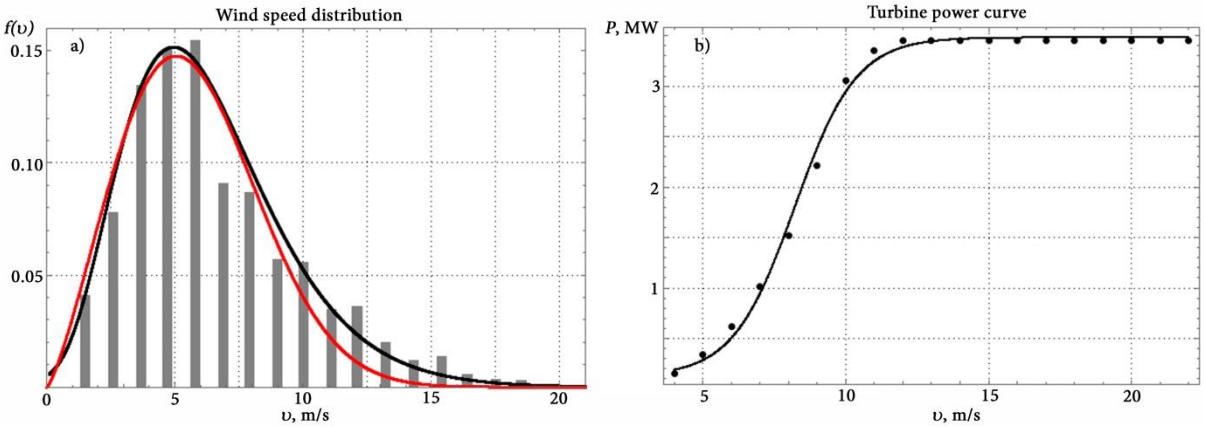


Рисунок 1. а) Графічне порівняння опису реального розподілу швидкості вітру (гістограма) методом максимуму ентропії (чорна лінія) та Вейбула (червона лінія); б) функція потужності ВЕУ Vestas V126 (точки – паспортні дані, суцільна лінія – апроксимація логістичною функцією)

Визначення продуктивності ВЕУ проводиться підсумовуванням потужності ВЕУ $P(\upsilon)$ в актуальному діапазоні швидкостей вітру з урахуванням повторюваності швидкості вітру $f(\upsilon)$ для певного проміжку часу t:

$$P_{ВЕУ} = t \int_{\upsilon_{min}}^{\upsilon_{max}} P(\upsilon) f(\upsilon) d\upsilon \tag{3}$$

Результати співставлення фактичного річного вироблення електроенергії вітропарком “Старий Самбір - 2” з даними розрахунку з використанням розподілу Вейбула та методу максимуму ентропії (використана оптимальна функція розподілу №2) наведено у таблиці 2. При розрахунках враховано 5% втрати потужності, пов’язані з ефектами вітрового затінення між окремими вітроустановками та з обладнанням вітротурбін.

Таблиця 2

Річне виробництво електричної енергії на ВЕС “Старий Самбір-2” (фактичне та розраховане)

	фактичне [3]	розраховане	
		розподіл Вейбула	максимум ентропії
виробництво електроенергії, кВт·год/рік	53150000	39745100	56049100
відносна різниця розрахованого та фактичного виробництва, %	—	25.221	5.455

Висновки. Доведено, що опис розподілу вітрового потоку на основі методу максимуму ентропії має найбільшу точність і краще відображає особливості експериментального розподілу швидкості вітру, ніж розподіл Вейбула. Показано, що застосування пакету Curve Fitting системи Matlab дозволяє значно спростити та автоматизувати процес визначення множників Лагранжа. Застосування розробленого інструментарію дозволяє підвищити точність математичного моделювання розподілу швидкості вітру, а з цим і точність довгострокового прогнозування виробітку електроенергії вітроенергетичними установками.

Перелік джерел посилання

1. Шарко О.В. Термодинамічний підхід при математичному моделюванні вітрового потенціалу місцевості / О.В. Шарко, Д.М. Степанчиков, А.О. Шарко // “Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті” MINTT-2024: зб. тез доп. XVI міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 29-31 травня, 2024р.). – Одеса, ХДМА, 2024. – С. 268-271.

2. Shoaib M. Comparison of Wind Energy Generation Using the Maximum Entropy Principle and the Weibull Distribution Function /M. Shoaib, I. Siddiqui, Sh. Rehman, S. Rehman, S. Khan, A. Lashin // Energies. – 2016. – Vol. 9, No. 842. – P. 1–8.

3. Коваленко Т.П., Романчук А.С. Особливості експлуатації вітроелектростанції “Старий Самбір-2” // Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матеріали десятої Міжнародної науково-практичної конференції : зб. наук. статей. – (Львів, 4-5 квітня 2019 р.). – Л.: НУ "Львівська політехніка, 2019. – С. 150 – 152.

СЕКЦІЯ 6.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

UDC 004.056.5

Basystyi V. A.,
2nd year master of the specialty "Cybersecurity and Information Protection" OPP "Cybersecurity and Information Protection"[1]

Cheshun D. V.,
lecturer[2]

Cheshun V. M.,
PhD, associate professor, Department of Cybersecurity[1]

MULTI-AGENT ORGANIZATION OF IOT NETWORK TRAFFIC MONITORING SYSTEM

Khmelnytskyi National University, Ukraine[1]
Khmelnytskyi Professional College of Economics and Technology UEP, Ukraine[2]

Statement of the problem

The current stage of information technology development is marked by the explosive expansion of the Internet of Things (IoT) ecosystem, which is fundamentally transforming not only the consumer sector but also core areas of the economy and critical national infrastructure. The global IoT market demonstrates exponential growth, with forecasts projecting a total volume reaching $2 trillion by 2030 [1]. The compounded annual growth rate (CAGR) is estimated to be in the range of 15.04% to 23.46%, indicating a profound and irreversible penetration of this technology into virtually all facets of societal life [2,3]. The physical scale of this phenomenon is unprecedented: the number of connected devices, which stood at an estimated 16.7 billion in 2023, is projected to surge to between 29.4 and 40 billion devices by 2030 [2,4]. This expansion means that, on average, approximately 127 new devices connect to the global network every second, thereby creating a continuously and rapidly expanding surface for potential cyberattacks [5].

While the technology was initially associated predominantly with consumer gadgets and "smart home" systems, the most significant investments and growth rates are now concentrated in mission-critical sectors. These include healthcare, where the IoT device market is projected to reach $534.3 billion by 2025, and the industrial sector (Industrial Internet of Things, IIoT), which currently accounts for approximately 60% of all new installations [2], alongside smart cities and the energy grid. Consequently, the challenge of securing the IoT has escalated from a narrow technical task to a strategic global imperative, the resolution of which is directly linked to the stability, resilience, and operational safety of fundamental public processes and critical infrastructure components.

Analysis of recent research and publications

The core problem in IoT security lies in a deep architectural incompatibility between the protection paradigms engineered for traditional corporate and cloud systems, which benefit of extensive computational resources, and the reality of the heterogeneous, geographically dispersed and resource-constrained IoT environment. IoT devices inherently possess numerous vulnerabilities. Their strictly limited computational resources (CPU speed, memory footprint) and strict low-power consumption requirements effectively preclude the utilization of conventional "heavyweight" security measures, such as full-scale antivirus software or complex, signature-based intrusion detection systems (IDS) [6,7]. This constraint is severely exacerbated at the network protocol level. Lightweight application-layer protocols, specifically Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) and Constrained Application Protocol (CoAP), are optimized for data transmission efficiency and bandwidth conservation over security. This design priority introduces multiple attack vectors, including Distributed Denial of Service (DDoS) attacks, Man-in-the-Middle (MITM) interceptions, the widespread exploitation of weak or default credentials, and message spoofing [8,9]. The scale of the threat is critical: evidence shows that unprotected IoT devices

are, on average, successfully attacked within the first five minutes of connecting to the network, and a significant portion of companies (48%) acknowledge that their current systems are incapable of effectively detecting intrusions within their IoT networks [5]. Furthermore, the lack of a standardized, energy-efficient security framework compels manufacturers to adopt minimal security settings, thus enabling the formation of massive botnets (like Mirai) which exploit compromised IoT devices as launching pads for attacks against high-value targets.

Problem statement

Attempts to adapt existing, centralized Network Intrusion Detection Systems (NIDS), such as Snort or Suricata, for deployment on resource-constrained single-board computers (SBCs) or IoT gateways have proven critically ineffective. Research has consistently demonstrated that under increasing network traffic load, these centralized systems encounter unacceptable levels of packet loss, rendering them functionally "blind" to a substantial portion of in-progress attacks [10]. This performance degradation is not merely a reflection of insufficient processor clock speed but rather a symptom of a deeper architectural mismatch.

The processing performance of NIDS is critically dependent on factors beyond CPU speed, including the memory architecture, cache efficiency, and the processor's microarchitecture. The core operation of Deep Packet Inspection (DPI), necessary for traditional signature matching, generates highly irregular memory access patterns. These patterns are inherently inefficient for the general-purpose, low-power processors that equip SBCs, leading to frequent cache misses and significant system slowdown. Consequently, the fundamental scientific challenge is identified as the dichotomy between the centralized, monolithic monitoring paradigm and the decentralized, geographically distributed nature of the protection target. An effective security solution must therefore possess an architecture that is isomorphic (structurally equivalent) to the underlying decentralized structure of the IoT ecosystem.

Presentation of the main material

The Multi-Agent System (MAS) approach, rooted in the principles of distributed artificial intelligence, offers a robust and powerful solution methodology for managing complex, dynamic, and geographically dispersed environments, such as the IoT. This methodology is founded upon the concept of an Intelligent Agent - an autonomous software entity capable of perceiving its operational environment, making independent, rational decisions, and executing actions to achieve specific security or operational goals. The MAS itself is a structured collection of these agents that interact and cooperate to collectively solve a problem that is computationally too complex or resource-intensive for any single agent [11].

The MAS paradigm is ideally suited for IoT security because its architecture is isomorphic to the network it protects. Its decentralized structure enables the distribution of computational security tasks across multiple nodes, ensuring that the processing occurs precisely at the data source (on the edge). This design philosophy simultaneously minimizes the performance load on individual resource-constrained devices and drastically reduces the latency associated with centralized data aggregation, which is crucial for real-time threat response. Furthermore, the MAS inherently incorporates resilience and fault tolerance - the compromise or temporary failure of a single agent or node does not result in a system-wide collapse of the security monitoring function, offering a critical advantage over traditional centralized Security Operations Centers (SOCs). The modularity of the agent architecture facilitates system-wide scalability and adaptability, allowing security functions to be easily expanded or updated without requiring wholesale network disruption. This approach enables the implementation of granular, micro-segmentation security policies, aligning perfectly with the modern Zero Trust security model at the device level, where constant, localized verification is mandatory for every interaction.

The proposed MAS architecture for securing the IoT environment is specifically engineered to harness distributed intelligence while strictly adhering to the resource limitations of the nodes. The system is architecturally designed as a set of cooperative agents, explicitly dividing the complex tasks of intrusion detection and incident reporting into four highly specialized roles. This division of labor is essential for minimizing the computational load on any single device and maximizing the efficiency of the security mechanism across the heterogeneous network. The functional roles and responsibilities of these four agent types are detailed in Table 1.

Table 1

Agent Type	Purpose	Input Data	Main Functions	Output Data	Key Constraints
Sensor	Traffic Collection and Primary Processing	Network Packets (raw)	Interception, Decoding, Feature Extraction	Feature Vectors	Minimal load on CPU/RAM
Analyst	Local Anomaly Detection	Feature Vectors from Sensor	Application of ML model, Traffic Classification	Local Alerts	Fast Inference Time
Coordinator	Ensuring Collective Analysis	Local Alerts from other Nodes	Event Correlation, Data Exchange, Distributed Attack Detection	Global Incidents	Communication Reliability
Reporter	Interaction with Administrator/ SIEM	Confirmed Incidents from Coordinator	Aggregation, Formatting, Secure Report Transmission	Incident Reports	Transmission Channel Security

Conclusions

The Multi-Agent System (MAS) for the security of the modern IoT is validated as the most promising solution due to its isomorphic architecture, which mirrors the decentralized nature of the IoT. The clear functional division among the Sensor, Analyst, Coordinator, and Reporter Agents enables efficient, distributed processing that adheres to strict resource limits. The localization of primary analysis minimizes computational load, while the cooperative interaction provided by the Coordinator Agent ensures the crucial ability to detect complex, distributed attacks. The MAS model thus provides the necessary foundation for achieving scalable, resilient, and effective monitoring of network traffic in resource-constrained IoT environments, ultimately contributing to the stability and safety of critical infrastructure.

References

1. IoT revenue forecast to 2030: charting growth by region, vertical and product. GsmaIntelligence. URL: https://tinyurl.com/478wjp8w (date of access: 18.11.2025).
2. Internet of Things (IoT) Market Size (2024-2030). Virtue Market Research. URL: https://virtuemarketresearch.com/report/internet-of-things-iot-market (date of access: 18.11.2025).
3. Internet Of Things (IOT) Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025-2030). Mordor Intelligence. URL: https://h7.cl/1eTYm (date of access: 18.11.2025).
4. State of IoT 2025: Number of connected IoT devices growing 14% to 21.1 billion globally. IOT ANALYTICS. URL: https://tinyurl.com/5b2jjn97 (date of access: 12.11.2025).
5. 72+ Eye-opening IoT Statistics, Facts, & Trends For 2024. Estuary. URL: https://estuary.dev/blog/iot-statistics/ (date of access: 18.11.2025).
6. Qahtani Noora. Lightweight IDS for Resource-Constrained IoT Devices Using Artificial Neural Networks. ResearchGate Publication. September, 2025. 10 p.
7. Towards Ensemble Feature Selection for Lightweight Intrusion Detection in Resource-Constrained IoT Devices. M. Fatima et al. Future Internet. 2024. №10:368. P.91-104.
8. Security of MQTT Protocol: A Brief Overview. The 4th Tunisian-Algerian Conference on applied Computing, 2024. URL: https://tinyurl.com/5t2j6bwx (date of access: 15.11.2025).
9. Attacks on the Constrained Application Protocol (CoAP). Network Working Group. URL: https://tinyurl.com/3un87kky (date of access: 18.11.2025).
10. Vadher Parag. Snort IDPS using Raspberry Pi 4. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2020. Vol. 9, Issue 07. P.151-154.
11. ШІ-агенти та мульти-агентні системи: нові виклики для кібербезпеки. Портал QUO Vadis. URL: https://quovadis.in.ua/n/newsua/3212-ai-protect.html (дата звернення: 16.11.2025).

UDC 004.056.5

Melnyk M. M.,
2nd year master of the specialty "Cybersecurity and Information Protection" OPP "Cybersecurity and Information Protection"[1]

Oleksiuk D. A.,
lecturer[2]

Cheshun V. M.,
PhD, associate professor, Department of Cybersecurity[1]

A COMPREHENSIVE CYBER INCIDENT RESPONSE MODEL FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES IN UKRAINE

Khmelnytskyi National University, Ukraine[1]
Khmelnytskyi Professional College of Economics and Technology UEP, Ukraine[2]

Statement of the problem

The digital transformation of the government sector is directly linked to a sustained increase in the volume and sophistication of cyber incidents. Reports, including the ENISA Threat Landscape Report 2025 [1], confirm that over 53% of recorded incidents target key entities such as public administration, transport, finance, and critical infrastructure (CI). In Ukraine, a similar trend is confirmed by reports from the State Service for Special Communications and Information Protection [2] and the Computer Emergency Response Team CERT-UA [3], which document a significant escalation in attack complexity, often involving multi-vector approaches, social engineering, supply chain attacks, and destructive wiper malware [2]. Focused attacks, such as those by groups UAC-0184 and UAC-0200 against military targets, underscore the hostile environment [3]. In this context, cyber incident investigation and response is a critical element of national cybersecurity, necessary not only for mitigation but also for collecting digital evidence, analyzing root causes, and developing proactive countermeasures.

Analysis of recent research and publications

Contemporary scientific literature on Cyber Incident Response (CIR) is built upon the synthesis and modification of three primary classical models.

The NIST SP 800-61 Rev.2 [4] framework, the most widely adopted, defines a four-phase lifecycle (Preparation; Detection and Analysis; Containment, Eradication, and Recovery; Post-Incident Activity). It heavily emphasizes the integration of Cyber Threat Intelligence (CTI) and automation (SOAR).

The SANS Incident Handler's Handbook [5] ("Six Steps of SANS") adopts a more operational and forensically-oriented sequence, prioritizing rapid Containment and integrating digital forensics into the identification phase.

The ISO/IEC 27035 [6] international standard provides a management-centric approach, crucial for integrating the response process into the organization's Information Security Management System (ISMS) for regulatory compliance.

Modern research [7-11] highlights a shift from purely technical steps to comprehensive, integrated, and risk-oriented models. These adapt classical frameworks to address the complexities of hybrid threats, cloud environments, and the strict requirements of regulators like GDPR and NIS2.

Problem statement

Given the persistent volume of targeted, sophisticated attacks on CI, traditional detection-only approaches are proving insufficient. A holistic and integrated response model covering the entire life cycle of a cyber incident from initial detection to post-incident improvement is essential to transition from a reactive to a proactive security posture.

The development of an effective model requires interconnected components for data collection and correlation, rapid decision-making, and centralized coordination. Success is contingent upon key

principles: continuity, automation, standardization of reporting, and seamless interagency interaction.

Critically, the model must be tailored to the Ukrainian cyberspace, specifically addressing challenges like varying technological maturity and limited resources. This mandates an approach that combines centralized control through national platforms like CERT-UA with localized incident management.

Presentation of the main material

The proposed Cyber Incident Response Process Model for Critical Infrastructure is conceptually structured as a sequence of major stages, each with its own defined objectives, specific tasks, and measurable expected outcomes. The generalization of this critical process is summarized in the referenced Table 1.

Table 1

№	Stage	Description
1	Preparation	Forming policies, establishing a CSIRT team, setting up communication channels, preparing tools and response plans.
2	Detection and Identification	Collection, analysis, and correlation of security events, determination of the incident type, scale, and criticality level.
3	Containment (Response)	Incident containment (localization), isolation of compromised systems, elimination of malicious components, and restoration of functionality.
4	Analysis and Reporting	Studying threat sources, analysis of malicious artifacts, preparing technical and managerial reports for leadership.
5	Recovery and Improvement	Returning systems to normal operation, updating security policies, conducting training sessions, and updating Indicators of Compromise (IoC) databases.

The full implementation of this comprehensive CIR model requires the explicit integration of technical, organizational, and legal components . It must be viewed not merely as a technical flowchart of actions, but as an integral part of the enterprise's overall Information Security Management System (ISMS) . Such a unified model facilitates the creation of a cohesive, digital security space within which data exchange, incident analysis, and post-incident improvement coalesce to form a continuous cycle for enhancing the cyber-resilience of critical infrastructure assets.

A key defining element in the development of this process model is the establishment of a robust feedback loop between the stages. This implies that every single incident must not only be investigated and resolved but also meticulously analyzed with the explicit goal of improving the effectiveness of future response measures . This continuous analysis forms the crucial cycle of continuous improvement , which is an indispensable component of modern, advanced cyber defense systems.

To further enhance the reliability, accuracy, and operational speed of the response, it is vital to ensure automated artifact collection, centralized log processing , and the integration of analysis results into a shared knowledge base . This can be achieved through the implementation of collaborative threat intelligence platforms such as MISP (Malware Information Sharing Platform), TheHive (Security Incident Response Platform), or Wazuh (Open Source Security Platform) . This approach fosters a security ecosystem where no incident is treated in isolation; instead, each event contributes to the comprehensive global picture of cyber threats facing the sector.

A fundamental aspect of building a truly effective response model is the clear definition of interaction protocols and responsibilities between all system components—ranging from technical monitoring tools and SOC personnel to senior management structures and external regulatory partners. Successful cyber incident investigation is entirely dependent upon synchronized communications, rapid and secure data transfer, and formalized escalation mechanisms .

International best practices strongly emphasize the necessity of creating a distinct information exchange structure that guarantees traceability, authenticity, and timeliness of the response actions. For critical infrastructure entities, this interoperability is particularly crucial because diverse security systems (monitoring, analytical, and managerial) often operate in isolated network segments. Therefore, the CIR

model must mandate not only technical integration but also absolute organizational alignment of actions . This specifically includes establishing formal coordination channels between CERT-UA , industry-specific CSIRT teams, the organization's internal IT services, and relevant state regulators .

A core element of this critical interoperability is the information flow itself, which ensures the systematic exchange of data on security events, indicators of compromise (IoCs), analysis results, and investigation reports. These data flows can be both automated (achieved through deep integration of SIEM, IDS/IPS, and dedicated SOC platforms) and manual (in the form of formalized communications between designated responsible units).

Conclusions

The developed comprehensive incident response model provides a robust solution that delivers not only swift and effective operational response to immediate threats but also ensures the systematic accumulation of knowledge derived from every incident. This capability, in turn, allows organizations to proactively refine security policies, conduct accurate threat forecasting, and ultimately formulate a resilient, proactive strategy for cyber defense across the entire government and critical infrastructure sector.

References

1. ENISA Threat Landscape 2025. URL: https://tinyurl.com/386mxhwf (date of access: 16.11.2025).
2. Звіт ДЦКЗ Держспецзв'язку про роботу Системи виявлення вразливостей і реагування на кіберінциденти та кібератаки (СВВ) за І півріччя 2025 року. URL: https://tinyurl.com/2s33tk9a (дата звернення: 11.11.2025)
3. Огляд кіберзагроз та стратегій захисту в 2025 році: досвід CERT-UA. URL: https://tinyurl.com/5xyn3be7 (дата звернення: 19.11.2025).
4. NIST SP 800-61 Revision 2, Computer Security Incident Handling Guide. URL: https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/61/r2/final (date of access: 18.11.2025).
5. Incident Handler's Handbook. SANS Institute. URL: https://www.sans.org/white-papers/33901 (date of access: 18.11.2025).
6. ISO/IEC 27035-1:2023. Information security incident management. URL: https://www.iso.org/ru/standard/78973.html (date of access: 19.11.2025).
7. Rajiv Katos. Dynamic Risk Assessment Models for Predictive Threat Intelligence and Proactive Incident Response in Complex Cybersecurity Ecosystems. International Journal of Cyber Security. 2025. №6(1). P.1-8. URL: https://tinyurl.com/t6w6ywwe (date of access: 18.11.2025).
8. Tope Oladele Jooda. The impact of business continuity planning on cybersecurity risk management in financial institutions. World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences. 2025. №14(03). P.56-66. URL: https://tinyurl.com/kd9wrazr (date of access: 18.11.2025).
9. Gaurav Malik. Business Continuity & Incident Response. Journal of Information Systems Engineering and Management. 2025. Vol. 10, №45. P. 451-473. DOI: https://doi.org/10.52783/jisem.v10i45s.8891 (date of access: 15.11.2025).
10. Implications of GDPR and NIS2 for Cyber Threat Intelligence Exchange in Hospitals / Rajamäki Jyri et al. Wseas Transactions on Computers. 2024. №23. P.1-11. DOI: 10.37394/23205.2024.23.1. (date of access: 19.11.2025).
11. Sandra Schmitz-Berndt. Defining the reporting threshold for a cybersecurity incident under the NIS Directive and the NIS 2 Directive, Journal of Cybersecurity, 2023. Volume 9, Issue 1. tyad009,1-11. DOI: https://doi.org/10.1093/cybsec/tyad009 (date of access: 19.11.2025).
12. Cyber Threats in Hospitals: GDPR and NIS2 Regulations in Preventing USB Injections / Tikanmäki Ilkka, Rajamäki Jyri, Boateng Forster, Kaikkonen Jesse, Ketene Batuhan, Lehtiaho Joni, Miestamo Jussi. International Conference on Cyber Warfare and Security. 2025. №20. P.461-468. DOI: 10.34190/iccws.20.1.3308 (date of access: 19.11.2025).

УДК 004.056.55

Дзядевич Д. Д.,
студент 4 курсу «Інформаційні системи та технології»

Сидорук М. В.,
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ НА КАНАЛЬНОМУ РІВНІ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Канальний рівень (Layer 2, L2) моделі OSI є фундаментальною основою для організації локального зв'язку, дозволяючи транспортування кадрів даних між пристроями в межах одного сегмента мережі. Управлінські інформаційні системи, які оперують конфіденційними даними, значною мірою залежать від надійності та безпеки цього рівня. Хоча мережеві екрани та системи виявлення вторгнень (IDS) зосереджені на вищих рівнях, незахищений L2 створює значну внутрішню вразливість, якою можуть скористатися зловмисники, що отримали фізичний або логічний доступ до локальної мережі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні дослідження та стратегія кібербезпеки України [1] підкреслюють, що захист L2 критично важливий у контексті нових мережевих архітектур. Особливу увагу приділяють:

- програмно-конфігурованим мережам (SDN) та Інтернету речей (IoT). В SDN атаки на L2 можуть бути автоматизовані та масштабовані центральним контролером, а в IoT-мережах несанкціонований доступ через незахищений порт (MAC-флудинг, ARP-спуфінг) є критичною точкою вразливості;
- ризикам, що пов'язані зі штучним інтелектом (ШІ). Зростання використання ШІ [2] створює нові ризики витоку даних, що посилює вимоги до механізмів контролю доступу L2, зокрема 802.1X та Port Security.

Ці тенденції вимагають інтелектуального управління та адаптації класичних захисних механізмів для забезпечення кіберстійкості. Зростання кількості кіберінцидентів за останні роки [3] підкреслює актуальність цієї теми для українського контексту.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка рекомендацій щодо забезпечення цілісності та конфіденційності даних на канальному рівні сучасних комп'ютерних мереж. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести систематизацію ключових вразливостей протоколів канального рівня (L2);
- визначити та проаналізувати комплекс ефективних механізмів захисту, інтегрованих у сучасне мережеве обладнання;
- обґрунтувати необхідність інтеграції цих механізмів в архітектуру корпоративних мереж з урахуванням специфіки sdn/iot-середовищ та актуальних національних стандартів кібербезпеки [1].

Виклад основного матеріалу

У межах викладу основного матеріалу буде проведено детальний розбір типових загроз канального рівня (L2). Також наводиться опис механізмів та засобів, необхідних для їх ефективної нейтралізації. Це дозволяє сформувати обґрунтовані рекомендації щодо забезпечення кіберстійкості комп'ютерної мережі.

Історично протоколи L2, такі як ARP та STP, розроблялися для функціональності, а не для безпеки. Ця архітектурна прогалина призвела до того, що комутатори не можуть ефективно перевіряти справжність кінцевих пристроїв та мережевих адрес. Зловмисники активно використовують цю вразливість для здійснення атак типу «людина посередині» (MITM) та

несанкціонованого прослуховування трафіку. Основні загрози, актуальні для канального рівня, наведено у Таблиці 1.

Таблиця 1

Типові атаки на канальний рівень комп'ютерної мережі

Назва атаки	Протокол/об'єкт	Суть загрози	Наслідки
ARP-спуфінг	ARP	Надсилання фальшивих ARP-відповідей	Атака «людина посередині» (MITM), перехоплення трафіку
MAC-флудинг	CAM-таблиця комутатора	Переповнення таблиці MAC-адрес випадковими записами	Переведення комутатора в режим хаба, прослуховування всього сегменту
VLAN-стрибання	VLAN Tagging (802.1Q)	Імітація магістрального порту або подвійне тегування кадрів	Обхід ізоляції між VLAN, доступ до конфіденційних сегментів мережі

Для ефективного захисту локального сегмента мережі застосовується комплекс апаратних та програмних рішень. Заходи захисту, спрямовані на нейтралізацію загроз L2, наведені у Таблиці 2.

Таблиця 2

Механізми захисту канального рівня

Механізм захисту	Призначення	Захист від загрози	Ключовий принцип роботи
Port Security	Контроль доступу на порту	MAC-флудинг, несанкціоноване підключення	Обмеження кількості MAC-адрес, прив'язка MAC до порту
DHCP Snooping	Перевірка цілісності DHCP-трафіку	DHCP-спуфінг, DHCP-голодування	Визначення довірених портів і створення Binding Table
Dynamic ARP Inspection (DAI)	Перевірка достовірності ARP-пакетів	ARP-спуфінг	Порівняння ARP-запитів/відповідей з даними Binding Table від DHCP Snooping
802.1X	Аутентифікація пристроїв/користувачів	Несанкціонований доступ	Вимагає успішної автентифікації перед наданням повного доступу до мережі

Використання Port Security забезпечує базовий фізичний контроль доступу. Функції DAI та DHCP Snooping є взаємозалежними та критично важливими для боротьби з атаками MITM [5]. Протокол 802.1X значно ускладнює підключення недовірених пристроїв.

Захист на канальному рівні є критичним в умовах гібридної війни [6]. Впровадження описаних механізмів на комутаторах є частиною виконання вимог законодавства України щодо кібербезпеки [4].

Висновки

Захист інформації L2 є обов'язковою складовою архітектури безпеки будь-якої сучасної комп'ютерної мережі, що використовується в управлінні. Застосування інтегрованого підходу, що включає Port Security, DAI, DHCP Snooping та 802.1X, дозволяє ефективно нейтралізувати найпоширеніші L2-атаки. Ці механізми створюють надійний ешелон оборони, без якого вищі рівні мережевої безпеки не можуть вважатися достатньо стійкими.

Перелік джерел посилання

1. Український ринок кібербезпеки зріс: аналіз кіберінцидентів 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://aspeninstitutekyiv.org/ukrainskyi-rynok-kiberbezpeky-zris-u-chotyry-razy-za-visim-rokiv/

2. Тренди кібербезпеки 2025: ризики ШІ та квантові загрози. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://datami.ee/ua/blog/top-5-cybersecurity-trends-in-2025-analysis-by-datami/

3. Про затвердження плану заходів на 2023-2024 роки з реалізації Стратегії кібербезпеки України: Постанова КмУ від 19.12.2023 № 1163. Офіційний вебсайт КМУ. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennia-planu-zakhodiv-na-20232024-roky-z-realizatsii-stratehii-kiberbezpeky-ukrainy-i191223-1163.

4. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Огляд кібератак та актуальні рекомендації із кіберзахисту. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cip.gov.ua/

5. Задорожня О. О., Мазур Н. М. Застосування методів Dynamic ARP Inspection та DHCP Snooping для захисту локальних мереж. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Фізика. 2021. Вип. 49. С. 136-140.

6. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 05.10.2017 № 2163-VIII. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2017, № 45, ст. 403).

Кондратенко М. В.,
студент 1 курсу
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»
Криворізького національного університету

Маркова О. М.,
к. пед. н., доцент кафедри «Комп'ютерних систем та мереж»,
Криворізького національного університету

ЗАХИСТ ІОТ-ПРИСТРОЇВ ВІД НЕСАНКЦІОННОГО ДОСТУПУ. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ВИКЛИКИ

Криворізький національний університет, Україна

Постановка проблеми

Стрімкий розвиток технологій Інтернету речей призвів до масового поширення підключених пристроїв у побуті, промисловості та інфраструктурі. Масовість використання створює значне збільшення поверхні атак, а обмежені апаратні ресурси, відсутність уніфікованих стандартів безпеки та нерегулярні оновлення лише погіршують ситуацію. Усе це робить IoT-системи вразливими до несанкціонованого доступу, перехоплення даних, атак типу «man-in-the-middle», DDoS та інших загроз.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботі [2] автори досліджують сучасний стан IoT-безпеки та відзначають нерівномірність рівня захисту між різними типами пристроїв. У публікації [3] розглянуто ключові виклики, серед яких відсутність шифрування, використання стандартних паролів та низький рівень видимості інцидентів.

У масштабному огляді [4] зазначено, що актуальні напрями наукових досліджень зосереджені на таких питаннях:

1. Розробка легковагових криптографічних алгоритмів для малопотужних пристроїв;
2. Використання методів машинного навчання для виявлення аномалій у трафіку;
3. Впровадження підходів до безпеки на периферії мережі (edge/fog);
4. Застосування блокчейну для забезпечення цілісності та автентифікації.

Невирішеними залишаються проблеми переносимості моделей машинного навчання, відсутності надійних механізмів FOTA-оновлень, а також недостатнє тестування криптографічних рішень на реальних пристроях із різними обмеженнями.

Постановка задачі

Метою даної роботи є аналіз основних загроз для IoT-пристроїв та дослідження сучасних підходів до захисту від несанкціонованого доступу, з акцентом на криптографічні механізми, методи автентифікації, мережеву сегментацію та системи виявлення вторгнень.

Виклад основного матеріалу

У 2022 році кількість активних IoT-пристроїв досягла 14,4 млрд і, за прогнозами, до 2027 року зросте до понад 30 млрд [1]. Настільки стрімке зростання пов'язане з появою нових можливостей для автоматизації, моніторингу та керування в різних галузях. Тенденція розвитку залежить від поширення «розумних» технологій та підключених екосистем, а сьогодні майже кожен пов'язаний із IT-сферою проект використовує пристрої Інтернету речей. Проте, разом із тим таке масштабне впровадження формує значно ширшу поверхню атак і підвищує ризики несанкціонованого доступу, що ставить безпеку IoT у центр уваги сучасних дослідників та практиків.

На рисунку 1 показаний графік прогнозування розвитку сфери IoT та його долі на ринку.

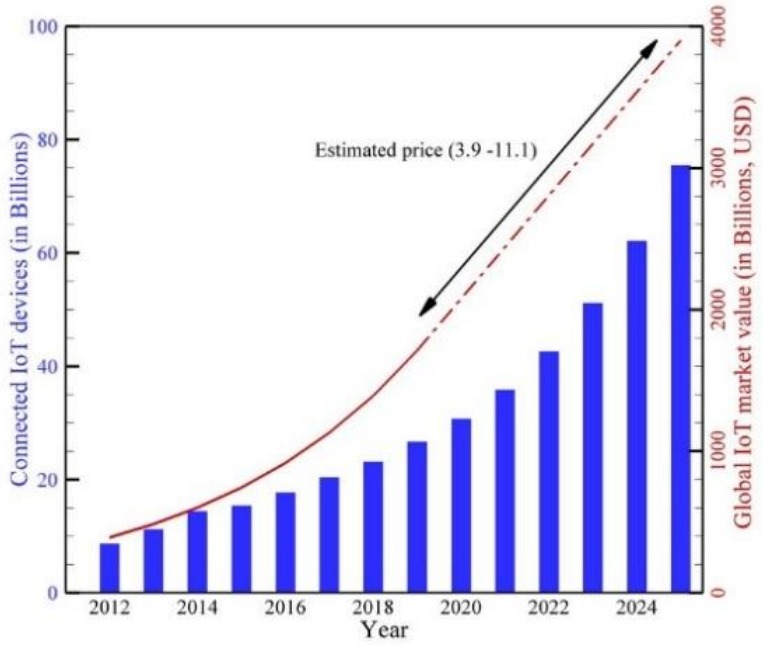


Рисунок 1. Графік прогнозування кількістості користувачів пристроїв IoT

Основною причиною успішних атак на IoT-пристрої залишається використання стандартних або слабких облікових даних, що встановлюються виробником і часто не змінюються користувачами. Це суттєво спрощує проведення brute-force атак, у результаті яких зловмисник може отримати повний контроль над пристроєм або мережею. Додаткову загрозу становить передавання даних у відкритому вигляді, без застосування протоколів шифрування. У таких випадках будь-який перехоплений трафік може бути використаний для організації атак типу «man-in-the-middle», що призводить до витоку конфіденційної інформації або модифікації даних [2].

Суттєвою проблемою також є неправильна або недостатня сегментація мережі [2]. У ситуації, коли усі пристрої перебувають у межах однієї логічної мережі, компрометація одного елемента фактично відкриває доступ до всієї інфраструктури. Це особливо небезпечно для промислових систем, де IoT-пристрої можуть бути пов'язані з контролерами, сенсорами та виконавчими механізмами, вплив на які здатен спричинити зупинку технологічного процесу або аварійні стани.

Актуальним засобом підвищення безпеки IoT є впровадження сучасних криптографічних рішень. Застосування протоколів TLS/SSL забезпечує шифрування передавання даних, а легковагові алгоритми дозволяють реалізувати захист навіть на малопотужних пристроях. Для підвищення рівня довіри широко використовуються механізми керування ключами, зокрема інфраструктура відкритих ключів (PKI), яка дає змогу гарантувати автентичність пристроїв і запобігати підміні [2].

Значну роль відіграють і сучасні методи автентифікації. Використання цифрових сертифікатів, токенів доступу та багатофакторних механізмів дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з крадіжкою облікових даних. Крім того, важливим є обмеження прав доступу та застосування принципу найменших привілеїв, що унеможливлює виконання небажаних операцій у випадку компрометації окремого пристрою [3].

У сфері мережевої безпеки ефективним рішенням є перехід від традиційних бездротових мереж до стільникових технологій, які мають вбудовані механізми шифрування та захищеної автентифікації. Це зменшує ризики перехоплення трафіку та спрощує централізоване керування доступом [3].

З метою виявлення аномальної активності все більше застосовуються системи виявлення вторгнень, що базуються на методах машинного та глибокого навчання. Такі системи здатні аналізувати поведінкові та мережеві патерни у режимі реального часу, виявляючи відхилення від нормальної роботи, які можуть свідчити про спроби злому або компрометації. Використання моделей адаптивного аналізу трафіку дозволяє своєчасно реагувати на складні атаки та підвищує загальну стійкість систем [4].

Перспективним напрямом є також розвиток концепції периферійної безпеки (Edge Security), коли значна частина обробки даних виконується безпосередньо на периферійних пристроях або шлюзах. Це зменшує затримку передавання даних, знижує навантаження на центральні сервери та підвищує рівень захисту, оскільки критично важлива інформація не передається до зовнішніх систем без необхідності [4].

Надзвичайно важливим є забезпечення надійності протягом усього життєвого циклу пристрою. Регулярні оновлення прошивки, технології бездротового оновлення та безперервний моніторинг вразливостей дозволяють оперативно усувати недоліки та запобігати експлуатації відомих уразливостей. Брак оновлень або їх несвоєчасне встановлення часто стає причиною атак, у той час як автоматизовані механізми керування оновленнями можуть суттєво зменшити рівень ризику.

Особливо критичними сферами, де використання IoT потребує підвищеної уваги до безпеки, є охорона здоров'я, енергетика, транспорт та промисловість. У цих галузях порушення роботи IoT-систем може призвести до значних економічних збитків, зупинки виробничих процесів або навіть створити загрозу життю та здоров'ю людей.

Висновки

Захист IoT-пристроїв від несанкціонованого доступу потребує комплексного та системного підходу, який охоплює етапи проєктування, впровадження та експлуатації. Використання криптографічних протоколів, багатофакторної автентифікації, сегментації мережі та систем виявлення вторгнень, а також забезпечення регулярних оновлень програмного забезпечення є ключовими чинниками підвищення рівня безпеки. Застосування легковагових криптографічних рішень, стільникових технологій зв'язку та підходів Security by Design дозволяє ефективно захистити ресурсообмежені пристрої та мінімізувати ризики сучасних кіберзагроз.

Перелік джерел посилання

1. LANMarket. URL: https://lanmarket.ua/ua/entsiklopediya/besprovodnye-tekhnologii/iot.html (дата звернення: 19.11.2025).

2. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/395051714_Analysis_of_Modern_Approaches_to_Security_in_IoT_Networks (дата звернення: 19.11.2025).

3. Zipit Wireless. URL: https://www.zipitwireless.com/blog/iot-security-what-it-is-its-challenges-and-why-it-matters (дата звернення: 19.11.2025).

4. A Literature Review on Security in the Internet of Thingsю URL: https://www.mdpi.com/2073-431X/14/2/61 (дата звернення: 19.11.2025)

УДК 004.056.5:004.738.5

Лейбак Д. Д.,
студент 6 курсу спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»

Бабюк Н. П.,
доцент кафедри програмного забезпечення

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ УПРАВЛІННЯ IOT-ПРИСТРОЯМИ У КРОСПЛАТФОРМНИХ МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКАХ НА ОСНОВІ FLUTTER

Вінницький національний технічний університет

Постановка проблеми та її наукова актуальність

Стрімка цифровізація суспільства супроводжується вибуховим зростанням кількості IoT-пристроїв, що інтегруються у сфери побуту, медицини, виробництва, логістики та міської інфраструктури. Кількість підключених пристроїв збільшується щороку, однак рівень їхньої захищеності від кібератак не завжди відповідає сучасним викликам. Саме тому питання створення надійних і безпечних методів керування IoT-системами стає одним з ключових у дослідженнях сучасної кібербезпеки [1].

Через те, що мобільний пристрій часто виступає центральною точкою доступу до IoT-інфраструктури, зловмисники спрямовують свої атаки передусім на мобільні застосунки. Компрометація застосунку може призвести не лише до витоку конфіденційних даних про користувача, а й до отримання зловмисником можливості дистанційно впливати на фізичне середовище — наприклад, змінювати параметри роботи сенсорів, блокувати системи безпеки або запускати небажані процеси. У цьому контексті потреба у створенні методів захисту, що враховують специфіку мобільних кросплатформних технологій, стає надзвичайно актуальною.

Аналіз останніх досліджень і сучасних підходів

Серед науковців ведеться активна дискусія щодо того, який саме рівень захищеності повинні забезпечувати IoT-рішення, і як правильно розподіляти механізми безпеки між клієнтом, сервером та пристроями. Дослідження показують, що більшість успішних атак пов’язана не з недосконалістю криптографічних алгоритмів, а з неправильною реалізацією логіки застосунків, вразливими протоколами передачі даних або відсутністю механізмів верифікації команд [2]. Особливо відзначаються проблеми, пов’язані з відсутністю або некоректним використанням TLS/DTLS, неправильним зберіганням токенів доступу, а також відсутністю повторного підтвердження автентичності у довготривалих сесіях [3].

Значний інтерес викликає поширення кросплатформних рішень, які дозволяють розробляти мобільні інтерфейси для керування IoT-пристроями значно швидше, ніж нативні застосунки. Однак саме такі фреймворки часто залишаються менш дослідженими у плані кіберзахисту, що створює додаткові виклики. Flutter, який стрімко набирає популярність у сфері розробки мобільних клієнтів для IoT-систем, поєднує високу продуктивність із широкими можливостями архітектурної організації коду. Проте впровадження у нього захищених методів обробки даних і управління сесіями потребує окремого дослідження, особливо з огляду на те, що типові атаки включають перехоплення даних, MITM-атаки, підміну команд, імітацію клієнта, ін’єкції, та аналіз пам’яті застосунку.

Виділення невирішених аспектів проблеми

Попри велику кількість робіт, присвячених захисту IoT-пристроїв, недостатньо дослідженими залишаються методи захисту саме мобільних IoT-клієнтів, що працюють на кросплатформних фреймворках. Проблеми стосуються як безпеки локального сховища, так і забезпечення цілісності команд, що надсилаються до пристроїв. Більшість існуючих підходів не враховують особливості динамічних архітектур мобільних застосунків, які можуть використовувати реактивні механізми управління станами, такі як BLoC або Provider, та потребують додаткових методів ізоляції чутливих даних.

Окремим нерозв’язаним питанням залишається структура взаємодії Flutter-клієнта з edge-модулем, наприклад Raspberry Pi, який виступає проміжною ланкою між мобільним застосунком і кінцевим IoT-пристроєм. У багатьох випадках edge-рівень не забезпечує достатнього захисту, а мобільний застосунок не має інструментів для незалежної перевірки автентичності даних, що збільшує ризики несанкціонованого доступу [4]. Саме тому виникає потреба у розробці методу, який враховує всі ці фактори та формує єдину модель захисту на всіх рівнях системи.

Мета та принципи дослідження

Метою дослідження є створення методу забезпечення безпечної взаємодії між мобільним застосунком, розробленим на Flutter, та IoT-пристроями з урахуванням сучасних загроз, особливостей мережевої взаємодії та можливостей криптографічного захисту [5]. Основна увага приділяється побудові багаторівневої моделі безпеки, яка охоплює шифрування даних, захист токенів, перевірку цілісності команд, автентифікацію, а також протидію атакам повторення та підміни пакетів.

Дослідження також передбачає формування архітектури застосунку, яка дозволяє органічно інтегрувати механізми захисту у його внутрішню логіку. Особлива увага приділяється забезпеченню стійкості підсистеми керування станом, оскільки саме вона відповідає за обробку чутливих даних, пов’язаних із командами управління IoT-пристроями.

Виклад основного матеріалу та результати дослідження

У ході дослідження було створено архітектурний метод, що поєднує мобільний застосунок на Flutter, проміжний сервер або edge-модуль, а також IoT-пристрій як кінцевий виконавець команд. Застосунок використовує захищені алгоритми обміну ключами та застосовує TLS-шифрування при передачі даних, що дозволяє запобігти перехопленню трафіку [6]. Доступ до системи здійснюється через токени авторизації, підписані сервером, що виключає можливість підробки клієнта.

Особлива увага приділяється перевірці цілісності команд: кожна команда підписується на стороні мобільного клієнта цифровим підписом, а сервер перевіряє справжність і актуальність запиту. Для зменшення впливу атак повторення застосовується механізм одноразових nonce-значень, які забороняють повторне використання одного й того самого пакета [7].

У процесі тестування система демонструвала стабільну роботу у різних мережевих умовах, включаючи слабкі або нестабільні з’єднання. Спроби проведення MITM-атаки не призводили до виконання злоумисних команд, оскільки кожен пакет проходив багаторівневу перевірку, що включала криптографічну автентифікацію, перевірку часу операції та перевірку джерела. Edge-модуль Raspberry Pi, що виступав проміжною ланкою, також отримав додаткові механізми захисту, включаючи верифікацію підписаних команд та контроль журналів подій.

Висновки та перспективи розвитку

Результати проведеного дослідження демонструють, що інтеграція криптографічного захисту, авторизаційних механізмів та архітектурних принципів безпечної взаємодії дозволяє суттєво підвищити надійність мобільних систем керування IoT-пристроями. Методи, запропоновані у роботі, забезпечують стійкість до більшості типових атак, включаючи перехоплення даних, підміну команд і спроби неавторизованого доступу.

Подальший розвиток дослідження може полягати у впровадженні Zero-Trust-моделі, що дозволить мінімізувати довіру між компонентами системи, у застосуванні апаратних модулів безпеки для зберігання ключів, а також у використанні машинного навчання для автоматичного виявлення аномалій у поведінці мережевого трафіку.

Перелік джерел

1. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey. Computer Networks, 2010, 54(15), pp. 2787–2805.
2. Sicari S., Rizzardi A., Grieco L., Coen-Porisini A. Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead. Computer Networks, 2015, 76, pp. 146–164.
3. Garcia-Morchon O., Kumar S. Security Considerations in the IP-based Internet of Things. IETF Internet-Draft, 2019.

4. Porambage P., Okwuibe J., Liyanage M., Ylianttila M., Taleb T. Survey on multi-access edge computing for IoT: Security and privacy aspects. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018, 20(4), pp. 2961–2991.
5. Google LLC. Flutter Security Best Practices. Flutter.dev Documentation. URL: https://docs.flutter.dev/security
6. (дата звернення: 20.11.2025).
7. Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi Security Documentation. Raspberrypi.com. URL: https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/security
8. (дата звернення: 20.11.2025).
9. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. 7th ed. Pearson, 2017.

УДК 004.415

Половюк О. С.,
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» ОПП «Програмне забезпечення систем»

Огнєва О. Є.,
канд.техн.наук, доцент, завідувач кафедри програмних засобів і технологій

ОГЛЯД СУЧАСНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБ-СИСТЕМИ АНОНІМНОЇ КОМУНІКАЦІЇ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Постановка проблеми

Широкий спектр доступних інструментів і технологій постійно оновлюється, розробникам важливо бути в курсі актуальних можливостей, ефективно інтегрувати найновіші рішення та забезпечити високий рівень безпеки і анонімності користувачів. Огляд сучасного інструментарію допомагає виявляти сильні та слабкі сторони різних рішень, що сприяє вибору оптимальних архітектур та методів реалізації конкретних задач анонімної комунікації. Це забезпечує якість, надійність і адаптивність веб-систем, необхідних для підтримки конфіденційності та анонімності користувачів у цифровому середовищі [1-4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасні засоби імітаційного моделювання, такі як SimPy та AnyLogic, дозволяють ще на етапі проєктування оцінити майбутню систему з погляду навантаження, затримок, побудови випадкових маршрутів і стійкості до трафік-аналізу. Моделювання допомагає сформувати оптимальну структуру анонімних вузлів, визначити потенційні «вузькі місця» та передбачити поведінку системи під час пікового навантаження, що особливо важливо для анонімних чатів та форумів, де передавання повідомлень відбувається в реальному часі [2].

Постановка задачі

Для моделювання та реалізації веб-системи анонімної комунікації важливо поєднувати інструменти, здатні одночасно забезпечити точне відтворення мережевої поведінки, підтримку анонімної маршрутизації та створення захищеної клієнтсько-серверної архітектури [1, 3].

Виклад основного матеріалу

Важливу роль відіграють технології побудови анонімних мереж на основі «цибулевої» маршрутизації та peer-to-peer взаємодії. Tor, I2P і Tarzan забезпечують багатошарове шифрування та випадкове визначення маршрутів, що робить неможливим встановлення зв’язку між відправником і одержувачем. Дані технології можуть слугувати базою для створення анонімізуючих тунелів або додаткового мережевого шару поверх веб-системи. Завдяки відкритому

коду вони легко інтегруються з сучасними веб-фреймворками, дозволяючи підвищувати рівень конфіденційності навіть під час активного обміну даними [1, 3].

Практична реалізація такої системи найефективніше відбувається на основі відкритих веб-технологій. Підходи, засновані на JavaScript-екосистемі, зокрема MERN-стек у поєднанні з WebSocket-технологією (Socket.IO), дають змогу створювати інтерактивні інтерфейси, організовувати двосторонній обмін повідомленнями та виконувати обробку даних без розкриття особистої інформації користувача. Такі рішення забезпечують низькі затримки, масштабованість і гнучкість у налаштуванні приватності [4]. Додаткові програмні платформи, наприклад Rocket.Chat, можуть бути адаптовані як базова інфраструктура, доповнена криптографічними бібліотеками crypto або libsodium, що дозволяє реалізувати end-to-end-шифрування, захист метаданих та конфіденційне зберігання сеансових ключів [1, 3]. Важливим елементом є системи контролю версій на кшталт Git, які забезпечують безпечний процес розробки та можливість аудиту компонентів, що відповідають за приватність і анонімність.

Для узагальнення доцільно подати порівняння основних груп інструментів, які використовуються під час створення анонімних веб-систем (табл.1).

Таблиця 1

Огляд та порівняння сучасного інструментарію [1-4]

Група інструментів	Приклади	Практична користь
Імітаційне моделювання	SimPy, AnyLogic	Аналіз затримок, навантаження, стійкості до трафік-аналізу
Анонімні маршрутизатори	Tor, I2P, Tarzan	Забезпечення багатошарового шифрування та приховування маршруту
Веб-платформи та фреймворки	Node.js, Express, Rocket.Chat	Реалізація клієнтськосерверної логіки й можливість адаптації під анонімність
Технології реального часу	Socket.IO, WebSocket	Миттєва передача повідомлень без витоку метаданих
Криптографія	crypto, libsodium, OpenSSL	Шифрування повідомлень, сесій, захист ключів та метаданих

Висновки

Таким чином, побудова ефективної веб-системи анонімної комунікації потребує узгодженого використання інструментів моделювання, мережевих технологій анонімізації та сучасних веб-фреймворків із підтримкою криптографічного захисту. Поєднання цих засобів дозволяє створити надійну, стійку та захищену інфраструктуру, яка забезпечує високий рівень конфіденційності та мінімізує ймовірність ідентифікації користувача.

Перелік джерел посилання

1. Гавриш Б.М., Тимченко О.В., Борзов Ю.О., Кобевко А.Т. Технології анонімних мереж. Наукові записки. 2022. Вип. 2 (65). С. 42-56.

2. Уривський, Л.О., Мошинська А.В., Осипчук С.О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра/доктора філософії за освітніми програмами спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського. 2022. 202 с.

3. Філіп'єва М.В., Гвоздецька К.П. Порівняння симетричного та асиметричного шифрування. Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». 2021. 71 с.

4. Jadon S., Singh P., Singh P., Haris M. Real-Time Chat Application Development Using MERN Stack. International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRASET), 2025. DOI:10.22214/ijraset.2025.68294.

УДК 004.056.5

Слободян А. Р.,
студент 4 курсу спеціальності «Кібербезпека» ОПП «Кібербезпека»

Сороковський А. І.,
студент 3 курсу спеціальності «Кібербезпека та захист інформації» ОПП «Кібербезпека та захист інформації»

Чешун В. М.,
к.т.н., доцент кафедри кібербезпеки

СИСТЕМА ЗАХИСТУ КОМЕРЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Хмельницький національний університет, Україна

Постановка проблеми

У світі, де економічна діяльність дедалі більше залежить від цифрових даних, інтелектуальна власність та ноу-хау компанії, що часто існують у формі комерційної таємниці, є найбільш цінними та, водночас, найбільш вразливими активами. Комерційна інформація, така як списки клієнтів, унікальні технології виробництва, фінансові стратегії чи результати маркетингових досліджень, надає компанії незаперечну ринкову перевагу. Її несанкціоноване розкриття, витік чи крадіжка можуть миттєво нівелювати роки інвестицій у розробку та дослідження. Наслідки таких інцидентів виходять далеко за межі прямих фінансових втрат: вони включають руйнування довіри клієнтів і партнерів, послаблення репутації на ринку, а також тривалі судові процеси [1].

Особливої актуальності питання захисту набуває в умовах постійного зростання кіберзагроз, включаючи цілеспрямований промисловий шпіонаж та складні фішингові кампанії, метою яких є саме викрадення чутливих бізнес-даних [2]. Крім того, небезпека часто походить із середини компанії через недбалість або недоброчесність власних співробітників.

Ефективна система захисту комерційної інформації стає не просто юридичною формальністю, а стратегічною необхідністю, що забезпечує стабільність, інноваційний розвиток та довгострокову економічну стійкість підприємства на висококонкурентному ринку. Ігнорування цього аспекту веде до неминучої втрати унікальності та конкурентної позиції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасних наукових дослідженнях акцент зміщується від суто юридичного захисту [3-5] до комплексного технічно-організаційного підходу [6-7], що відповідає реаліям цифрової трансформації. Актуальні роботи підкреслюють, що найбільші ризики для комерційної таємниці походять від кібератак, інсайдерських загроз та порушень, спричинених віддаленою роботою. Дослідники активно обговорюють необхідність імплементації міжнародних стандартів [5, 6, 7], зокрема ISO/IEC 27001, для побудови ефективної Системи управління інформаційною безпекою, яка має включати конкретні контролі для ідентифікації, класифікації та захисту чутливих даних. Таким чином, сучасна наукова думка підтверджує, що ефективний захист вимагає поєднання правових гарантій, передбачених національним законодавством, із передовими технічними рішеннями та міжнародними практиками управління безпекою.

Питання захисту комерційної інформації в Україні регулюється комплексом законодавчих та підзаконних актів, що визначають правовий режим, умови віднесення відомостей до категорії комерційної таємниці та встановлюють відповідальність за її неправомірне використання. Закон України "Про захист від недобросовісної конкуренції" [8], забороняє неправомірне збирання, розголошення та використання комерційної таємниці. Доповнює його норми Цивільного кодексу України [9] щодо захисту права інтелектуальної власності. Ці нормативні документи створюють правову основу, проте технічні та організаційні аспекти захисту часто залишаються на рівні внутрішньої політики підприємства.

Постановка задачі

Ефективна система захисту комерційної інформації підприємства потребує аналізу загроз інформаційній безпеці підприємства, обґрунтування необхідності захисту комерційної інформації та розробки системи авторизації доступу, що забезпечить ефективний контроль та зниження ризику несанкціонованого втручання. Метою проведених робіт поставлено підвищення ефективності системи захисту комерційної інформації торговельного підприємства шляхом створення ефективної та гнучкої моделі авторизації користувачів.

Виклад основного матеріалу

Для ефективного захисту комерційної інформації підприємства пропонується багаторівнева архітектура системи авторизації, яка реалізує каскадну перевірку користувача з використанням криптографії та рольового розмежування прав доступу. Система складається з таких логічних модулів: графічний вебінтерфейс для вводу облікових даних, двофакторна парольна автентифікація і контрольна фраза, взаємодія з повідомленнями системи. Взаємодіє з бекендом через захищений канал (HTTPS).

Повна архітектура системи захисту доступу (рисунок 1) охоплює апаратну інфраструктуру, програмне забезпечення, механізми аутентифікації, систему адміністрування та інтеграційні можливості з іншими підсистемами безпеки.

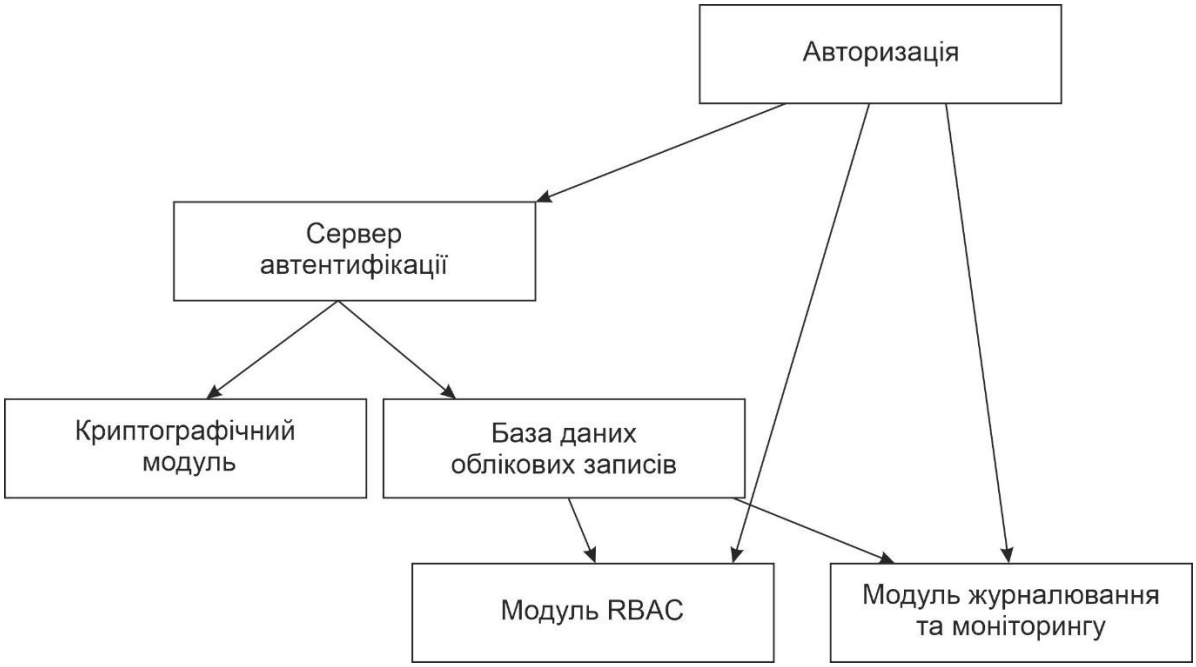


Рисунок 1. Архітектура системи захисту

Фізичну основу архітектури складають точки контролю доступу – місця, де відбувається ідентифікація та автентифікація особи і приймається рішення про надання чи заборону доступу.

Авторизація реалізується в 4 послідовних етапи (рівні).

Рівень 1. Первинна ідентифікація та автентифікація. Користувач вводить логін і пароль, система порівнює введений пароль із хешем у базі даних (використовується алгоритм PBKDF2 або bcrypt).

Рівень 2. Друга автентифікація. Користувач здійснює повторне введення пароля, але використовує інший пароль. Системою здійснюється аналогічна першій перевірка, але з іншим ключем (сіллю). Підвищення рівня безпеки на цьому етапі забезпечує саме додатковий пароль.

Рівень 3. Подвійне шифрування і верифікація пароля. Коли користувач вводить другий пароль, система шифрує його AES-256 із внутрішнім ключем та перетворює результат у двійковий формат, після чого порівнює результат з еталонним значенням у базі даних. Підвищення рівня безпеки на цьому етапі забезпечується дублюючою перевіркою пароля другої автентифікації та застосуванням при цьому захищеного шифруванням AES-256 двійкового еталона пароля. На даному рівні всі дії виконуються системою автоматично і не потребують участі користувача.

Рівень 4. Контрольна фраза. Користувач вводить фразу, задану під час реєстрації, знову подвійне шифрування (як на 3-му рівні), верифікація відповідності. Тільки після успішного проходження всіх рівнів користувач отримує токен доступу, який передається у RBAC-модуль для ідентифікації його ролі.

Система підтримує централізоване адміністрування, надаючи співробітникам служби безпеки єдині панелі інструментів для керування користувачами, ролями, криптографічними ключами та політиками аудиту. Така централізація спрощує дотримання українських норм кібербезпеки та міжнародних стандартів, включаючи вимоги щодо реагування на інциденти та перевірки цілісності даних. В результаті, архітектура функціонує не просто як механізм автентифікації, а як комплексна система безпеки, яка зберігає конфіденційність, цілісність та доступність комерційної інформації протягом усього циклу взаємодії з користувачем.

Висновки

З метою підвищення ефективності захисту комерційної інформації розроблено багаторівневу архітектуру системи авторизації. Запропонована модель реалізує каскадну перевірку користувача через чотири послідовні рівні, поєднуючи двофакторну автентифікацію, криптографічні перевірки (AES-256, PBKDF2/bcrypt) та використання контрольної фрази. Така архітектура забезпечує гнучку та багаторівневу перевірку ідентичності, що значно підвищує ефективність контролю доступу та суттєво знижує ризик несанкціонованого втручання в чутливі комерційні дані торговельного підприємства.

Перелік джерел посилання

1. Мацелюх В. Кібербезпека бізнесу: технологій замало, має бути й юридичний щит. Юридична Газета. 2025. URL: https://h7.cl/1jH5m (дата звернення: 18.11.2025).
2. Інтегрований підхід до забезпечення кібербезпеки та дослідження кібезлочинів критичної інфраструктури за допомогою системи моніторингу інцидентів вірусів-вимагачів / Гарасимчук О. І., Партика А. І., Нємкова О. А., Совин Я. Р. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2023. № 1 (21). С. 286-296.
3. Захист комерційної теємниці і відповідальність за її розголошення. Профспілка працівників державних установ м. Києва - офіційний веб-сайт. 18.10.2022. URL: https://h7.cl/1jH5I (дата звернення: 16.11.2025).
4. Попова Н. О. Захист прав інтелектуальної власності на комерційну таємницю в Україні та Європейському Союзі. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія ПРАВО. 2025. Випуск 88, частина 1. С. 388-393.
5. Дубняк М. В. Захист комерційної таємниці суб'єктів індустрії інформаційних технологій в умовах євроінтеграції. Нове українське право. 2022. Випуск 6, Том 1. С.120-126. DOI: https://doi.org/10.51989/NUL.2022.6.1.16 (дата звернення: 17.11.2025).
6. Вітер С. А., Світлишин І. І. Захист облікової інформації та кібербезпека підприємства. Економіка і суспільство. 2017. Випуск 11. С. 497-502.
7. Волинець В. В. Конфіденційність комерційної інформації як складова економічної безпеки України. Український політико-правовий дискурс. 2025. 20 с. ISSN: 3041-2110 DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15692009 (дата звернення: 16.11.2025).
8. Про захист від недобросовісної конкуренції : Закон України від 07.06.1996 № 236/96-ВР : редакція від 16.10.2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/236/96-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 19.11.2025).
9. Цивільний кодекс України. Документ 435-IV. Редакція від 18.11.2025. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15/paran2312#n23126 (дата звернення: 19.11.2025)

УДК 004

Тончинець К. Д.,
студент 6 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія»

Григорова А. А.,
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

ДОСЛІДЖЕННЯ VPN ПРОТОКОЛІВ ДЛЯ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ

Херсонський національний технічний університет, Україна

Глобальний інтернет приховує великі ризики: віруси, кіберзагрози, шахрайство, DDoS атаки. Тому для роботи багатьох компаній треба мати власну комп'ютерну мережу із захистом від загроз, що надходять з інтернету.

Без захисту складна корпоративна комп'ютерна мережа може наражати співробітників та компанію на кіберзагрози. Завдяки VPN шифруються потоки даних в приватній мережі компанії, гарантуючи залишитися конфіденційним.

Корпоративна віртуальна приватна мережа створює безпечне та зашифроване з'єднання між пристроями співробітників та мережею компанії, забезпечуючи безпечний доступ до ресурсів та захищаючи дані від кіберзагроз.

Для підприємств VPN мають вирішальне значення для захисту конфіденційної інформації, дотримання корпоративних політик та забезпечення стабільного віддаленого підключення до важливих корпоративних програм.

У сучасному світі віртуальна приватна мережа є критично важливим інструментом для організацій, яким необхідно забезпечити глобальне підключення та віддалений доступ "точка-точка". VPN сприяють створенню безпечних та надійних з'єднань, незалежно від розташування.

Безпека даних під час передачі є однією з найважливіших переваг технології VPN. Безпечне з'єднання дозволяє швидко масштабувати бізнес-операції без шкоди для безпеки даних, що передаються мережею.

VPN-мережі перетворилися на зрілу технологію, яка бездоганно інтегрується з різними конфігураціями мережі. Їхня довговічність зумовлена випробуванням у різних середовищах, від малого бізнесу до великих підприємств. Продуктивність організації підвищується, коли працівники можуть безпечно співпрацювати та впевнено отримувати доступ до ресурсів, незалежно від мережі, яку вони використовують.

Протокол WireGuard корисний для компаній з вимогами до швидкого та надійного з'єднання для хмарних сервісів. Оскільки WireGuard є легким, то він може працювати на різних пристроях, що робить його універсальним для різних сценаріїв корпоративних мереж.

Протокол WireGuard розроблено для забезпечення високого рівня безпеки при збереженні продуктивності. Такий підхід спрощує налаштування, зменшує затримку та підвищує продуктивність протоколу.

Для корпоративного середовища комп'ютерної мережі автоматизацію конфігурацій розгортання можна досягти за допомогою різних інструментів автоматизації або шляхом інтеграції з рішенням для управління мережею. Це спрощує процес та підтримує узгодженість по всій мережі.

WireGuard пропонує оптимізований та ефективний підхід до VPN. WireGuard набирає популярності завдяки своїм сучасним криптографічним методам та простоті використання.

Протокол OpenVPN продовжує бути стандартом у корпоративному просторі завдяки своїй зрілості, перевіреній безпеці та адаптивності. Його широке впровадження та здатність працювати в безлічі середовищ, від мереж з високими обмеженнями до широкомасштабних розгортань, забезпечують його постійну актуальність.

OpenVPN може використовуватися в корпоративних мережах, де потрібний високий захист даних. Протокол OpenVPN слугує надійним рішенням для захисту корпоративних комунікацій та забезпечення захисту даних. Команди безпеки можуть відносно легко створювати зашифровані

тунелі між головним сервером компанії та різними філіями компанії, що забезпечує надійний та безпечний віддалений доступ для співробітників.

Підтримка OpenVPN поширюється як на протоколи IPv4, так і на IPv6, що забезпечує безперебійну роботу в сучасних та застарілих мережевих інфраструктурах. Сила протоколу OpenVPN також полягає в його програмних можливостях, які спрощують управління VPN-сервісами для підприємств.

Широка підтримка протоколу L2TP/IPsec у різних операційних системах робить його доступним варіантом для бізнесу, забезпечуючи однаковий користувацький досвід та безпеку на різних пристроях.

Протокол L2TP з шифруванням IPsec робить його надійним вибором для багатьох корпоративних середовищ. Функція інкапсуляції L2TP, особливо в поєднанні з IPsec, пропонує безпечніший тунель, хоча й з незначним зниженням швидкості через процес шифрування.

Покращені заходи безпеки протоколу L2TP/IPsec роблять його кращим вибором для великих підприємств, в яких надають пріоритет захисту даних над перевагою граничної швидкості.

Висновки. У роботі було розглянуто основні протоколи VPN для корпоративних комп'ютерних мереж. Кожен із протоколів має унікальні характеристики.

Для підприємств добре підходить протокол OpenVPN завдяки надійності, гнучкості та високій безпеці. Протокол дозволяє створювати захищені корпоративні мережі, для роботи із конфіденційними даними.

Протокол WireGuard підходить як рішення для високопродуктивних підключень в корпоративних мережах. Легкість налаштування та мале навантаження на сервер роблять вибір перспективним.

Протокол L2TP/IPsec підходить переважно для базових завдань, де потрібне просте та доступне рішення з помірною безпекою.

Перелік джерел посилання

1. VPN – virtual private network. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/VPN (дата звернення: 21.11.2025).

2. What Are the Different Types of VPN Protocols? URL: https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/types-of-vpn-protocols (дата звернення: 21.11.2025).

3. WireGuard. Fast, modern, secure vpn tunnel. URL: https://www.wireguard.com/ (дата звернення: 21.11.2025).

4. What is WireGuard protocol? URL: https://nordlayer.com/learn/vpn/wireguard/ (дата звернення: 21.11.2025).

5. What Is OpenVPN? OpenVPN Defined and Explained. URL: https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-openvpn (дата звернення: 21.11.2025).

6. Layer 2 Tunnel Protocol (L2TP). URL: https://www.checkpoint.com/cyber-hub/network-security/layer-2-tunnel-protocol-l2tp/ (дата звернення: 21.11.2025).

7. What Is L2TP (Layer 2 Tunnel Protocol)? URL: https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-l2tp (дата звернення: 21.11.2025).

УДК 004.056.55

Філіпович Є. В.,
магістрант, спеціальності «Електрична інженерія»
ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Дяденчук А. Ф.,
к.т.н., доцент, доцент
кафедри вищої математики та фізики

СТЕГАНОГРАФІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя

У сучасних інформаційних системах захист даних є критично важливим. Потреба в ефективних механізмах захисту даних, здатних забезпечити непомітність самого факту передавання конфіденційної інформації, стає надзвичайно актуальною у світлі останніх подій. Традиційні методи криптографії не приховують факт шифрування. На відміну від них, стеганографія дозволяє приховувати сам факт передавання повідомлення, що робить її особливо корисною в умовах підвищеної загрози несанкціонованого доступу [1].

Стеганографія як метод прихованого передавання інформації активно досліджується з початку 2000-х років. Класичні підходи, зокрема метод найменш значущого біта (LSB), демонструють простоту реалізації, але обмежену стійкість до атак [2-3]. Подальші дослідження були зосереджені на адаптивних алгоритмах, які враховують характеристики зображення (використання текстурних областей для приховування даних) [4].

Серед сучасних тенденцій можна виділити дослідження використання глибокого навчання для виявлення прихованих повідомлень [5], а також розробка алгоритмів, що забезпечують баланс між прихованістю, обсягом даних і якістю носія [6]. У контексті освітніх та дослідницьких задач Matlab залишається популярним середовищем для моделювання та тестування стеганографічних методів.

Метою роботи є практична реалізація методу LSB у середовищі Matlab для демонстрації процесу приховування та вилучення текстової інформації в цифровому зображенні.

Для демонстрації принципів стеганографічного вбудовування у роботі реалізовано модель приховування тексту в цифровому зображенні за допомогою Matlab. Програма здійснює перетворення кожного символу тексту у двійкове представлення, після чого послідовно замінює найменші значущі біти пікселів зображення на біти повідомлення. Якщо кількість доступних пікселів достатня, програма створює нове зображення, у якому текст непомітно інтегрований (рис. 1). Візуальна непомітність змін у зображенні забезпечує достатній рівень маскування.

Рис. 1. Оригінальне та стего-зображення

Процес вилучення здійснюється шляхом послідовного зчитування найменших значущих бітів та перетворення їх у символи (рис. 2).

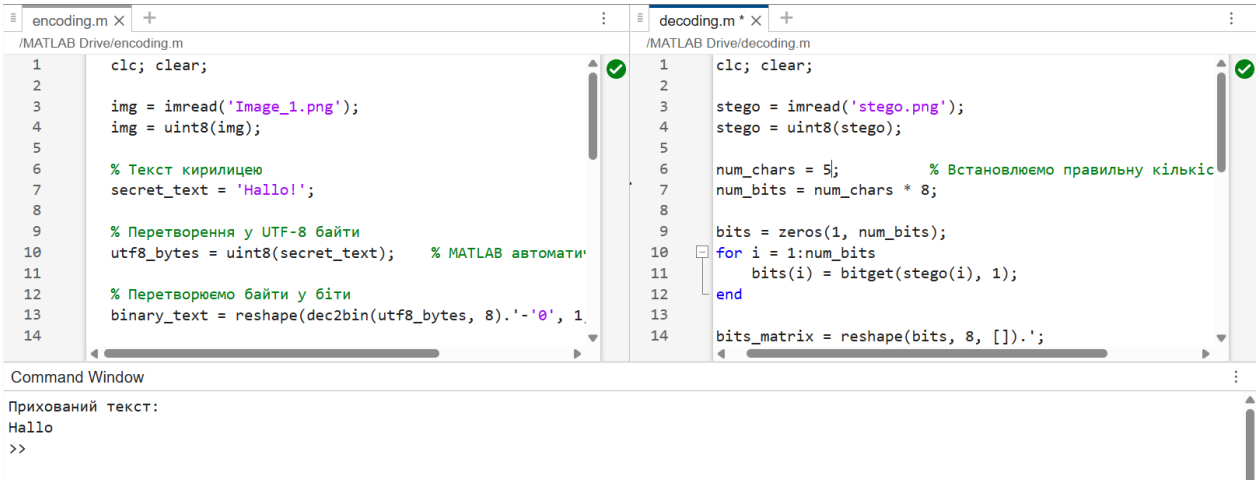


Рис. 2. Результат декодування повідомлення в зображенні

Представлена реалізація демонструє основну ідею методу LSB і може використовуватися як базовий підхід для подальшого удосконалення. Зокрема, до коду можна додавати механізми шифрування повідомлень, автоматичне визначення довжини тексту, перевірку стійкості до спотворень або захист від стеганоаналізу. Однак варто зазначити, що метод LSB є чутливим до змін формату файлів, стиснення та фільтрації, що може призвести до знищення прихованого повідомлення. Даний факт обмежує використання LSB у системах, де можливі перетворення файлу, який передається.

Таким чином, стеганографія відіграє важливу роль у сучасних інформаційних системах, забезпечуючи прихованість каналів передавання даних. Метод LSB, незважаючи на певні обмеження, залишається одним із найпоширеніших завдяки своїй доступності та простоті впровадження. Модель, реалізована у Matlab, демонструє базові можливості цього підходу та може бути використана як для навчальних цілей, так і для створення прикладних рішень у галузі інформаційної безпеки. Перспективи подальшого розвитку стеганографії пов’язані з удосконаленням алгоритмів вбудовування, підвищенням їхньої стійкості та застосуванням методів штучного інтелекту.

Перелік джерел посилання

1. Філіпович Є.В. Стеганографічний метод передачі інформації з використанням технології Bluetooth: бакалаврська робота / Є.В. Філіпович. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. 91 с.

2. Johnson N. F., Jajodia S. Exploring steganography: Seeing the unseen. Computer. 1998. Vol. 31, no. 2. Pp. 26-34.

3. Cheddad A., Condell J., Curran K., Mc Kevitt P. Digital image steganography: Survey and analysis of current methods. Signal processing. 2010. V. 90(3). Pp. 727-752.

4. Herrera-Moro D. R., Rodríguez-Colín R., Feregrino-Uribe C. Adaptive Steganography based on textures. In 17th International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP'07). 2007. Pp. 34-34. IEEE.

5. Kuznetsov O., Frontoni E., Chernov K., et al. Enhancing Steganography Detection with AI: Fine-Tuning a Deep Residual Network for Spread Spectrum Image Steganography. Sensors. 2024. V. 24(23). P. 7815.

6. Weng C. Y., Weng H. Y., Huang C. T. Expansion high payload imperceptible steganography using parameterized multilayer EMD with clock-adjustment model. EURASIP Journal on Image and Video Processing. 2024. V. 1. P. 37.

УДК 330.46:519.87

Чен Сі,
студент 2 курсу магістратури спеціальності «Комп'ютерні науки» ОПП «Інформаційні системи»

Бредіхін В. М.,
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ КІБЕРЗАГРОЗ У SMART HOME СЕРЕДОВИЩІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПОВЕДІНКИ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ

Харківський національний університет міського господарства ім. Бекетова, Україна

Постановка проблеми

Сучасний розвиток цифрових технологій призвів до активного впровадження концепції «розумного будинку» (Smart Home), що базується на взаємодії великої кількості IoT-пристроїв. Такі системи підвищують комфорт, енергоефективність та безпеку житла, однак водночас створюють значні ризики кіберзагроз: несанкціонований доступ до мережі, перехоплення даних, втручання у роботу пристроїв управління.

Проблема полягає у відсутності комплексних, адаптивних та інтелектуальних систем кіберзахисту, які б забезпечували безперервний моніторинг, виявлення та запобігання загрозам у середовищі Smart Home. Особливої актуальності ця проблема набуває у контексті інтеграції «розумних» систем у транспорті, туризмі та логістиці, де безпека даних користувача є критично важливою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У наукових працях Gkotsopoulou et al. [1] розкрито концепцію Data Protection by Design — захист даних, інтегрований на етапі проєктування систем.

Sikder et al. [2] запропонували контекстно-орієнтовану модель безпеки Aegis, яка адаптує рівень захисту залежно від поведінки пристроїв.

Sohail et al. [3] дослідили застосування штучних нейронних мереж для виявлення атак у Smart Home.

Hasiuk et al. [4] проаналізували протоколи зв'язку в IoT-середовищі та показали їхню вразливість до перехоплення.

Sabit [5] довів ефективність інтеграції методів штучного інтелекту з Internet of Things для створення адаптивних систем безпеки.

Разом ці роботи формують теоретичне підґрунтя для створення комплексної моделі кіберзахисту з можливістю самонавчання та динамічної реакції на загрози.

Постановка задачі

Метою дослідження є розроблення концепції та створення прототипу системи кіберзахисту для «розумного будинку», що забезпечує:

- захист персональних даних користувача на рівні архітектури системи;
- виявлення та запобігання кіберзагрозам за допомогою алгоритмів штучного інтелекту;
- адаптивну реакцію системи на зміну поведінки пристроїв у мережі;
- можливість масштабування на інші сфери — транспорт, логістику, туризм.

Виклад основного матеріалу

На основі аналізу літератури побудовано узагальнену модель системи кіберзахисту Smart Home, що складається з трьох рівнів:

Процес проєктування системи кіберзахисту розумного будинку передбачає багаторівневий підхід, що об'єднує технічні, програмні та аналітичні рішення. Основна мета — створення інтегрованої моделі безпеки, яка здатна забезпечити безперервний моніторинг стану мережі, виявлення потенційних загроз у реальному часі та автоматичну реакцію на інциденти.

Розроблена модель базується на трирівневій архітектурі:

Фізичний рівень (Device Layer) включає інтернет-речей (IoT) пристрої: датчики руху, камери відеоспостереження, смарт-розетки, контролери освітлення та клімату. Всі пристрої під'єднані через протокол MQTT, що забезпечує легку інтеграцію та передачу даних із низькими затримками.

Аналітичний рівень (Security Intelligence Layer) відповідає за обробку даних, виявлення аномалій і прогнозування загроз. Тут застосовуються алгоритми машинного навчання, зокрема Random Forest, SVM та нейронні мережі типу LSTM для аналізу поведінки мережевого трафіку. Цей рівень реалізується у середовищі Python з використанням бібліотек TensorFlow, scikit-learn і pandas.

Керуючий рівень (Control Layer) виконує прийняття рішень у режимі реального часу: блокує доступ небезпечних пристроїв, змінює права користувачів, генерує повідомлення для адміністратора системи. Для реалізації передбачено вебінтерфейс на базі Node-RED Dashboard, що забезпечує візуалізацію стану безпеки та історії подій [6].

Основний механізм виявлення аномалій реалізовано на базі штучного інтелекту. Модель навчається на попередньо зібраних наборах даних про мережеву активність (CICIDS 2017, UNSW-NB15), що дозволяє класифікувати такі типи атак, як DoS, Brute Force, Spoofing та Man-in-the-Middle.

Для підвищення точності використано комбінацію двох підходів:

– Signature-based detection — пошук збігів із базою відомих атак;

– Anomaly-based detection — аналіз поведінкових відхилень у мережі Smart Home.

Система має адаптивний механізм самонавчання, який оновлює моделі на основі нових інцидентів, що забезпечує постійну актуальність захисту без втручання користувача.

Для демонстрації роботи системи створено тестове середовище на базі Raspberry Pi 4 з підключенням кількох сенсорів (температури, руху, вологості) та відеомодуля. Комунікація здійснюється через Node-RED та протокол MQTT, що дозволяє збирати дані у центральну базу.

Система забезпечує автоматичне блокування підозрілих пристроїв, фіксує події в журналі безпеки, а також надсилає повідомлення користувачеві через Telegram-бот.

Запропонована архітектура може бути масштабована для інших сфер:

– у транспорті — контроль безпеки автономних систем керування транспортом;

– у логістиці — моніторинг безпеки складів і транспортних вузлів;

– у туристичній галузі — захист даних користувачів у «розумних готельних номерах»;

– у освітньому середовищі — створення лабораторних стендів для навчання з кіберзахисту IoT.

Завдяки гнучкості архітектури, система може бути інтегрована у більші інфраструктурні рішення типу Smart City..

Висновки

У роботі обґрунтовано доцільність використання підходів Data Protection by Design та AI-based Security при створенні систем кіберзахисту Smart Home. Розроблена модель забезпечує адаптивне реагування на загрози, високу точність виявлення атак та можливість масштабування на інші сфери діяльності — транспортні системи, логістичні мережі, туристичні сервіси.

Отримані результати можуть бути основою для подальшої розробки інтелектуальних систем безпеки в екосистемах розумних міст (Smart City).

Перелік джерел посилання

1. Gkotsopoulou N., Mitrou L., Mouratidis H. Data Protection by Design for Cybersecurity Systems in a Smart Home Environment. arXiv preprint. 2019. URL: https://arxiv.org/abs/1903.10778.

2. Sikder A. K., Babun L., Aksu H., Uluagac S. Aegis: A Context-aware Security Framework for Smart Home Systems. arXiv preprint. 2019. URL: https://arxiv.org/abs/1910.03750.

3. Sohail M., Hasan M., Ashraf N. Explainable and Optimally Configured Artificial Neural Networks for Attack Detection in Smart Homes. arXiv preprint. 2022. URL: https://arxiv.org/abs/2205.08043.

4. Hasiuk O., Melnyk S., Syvyk V. Security Problems in Smart Home Systems. Computational Data Science. 2023. URL: https://science.lpnu.ua/cds.
5. Sabit H. Artificial Intelligence-Based Smart Security System Using Internet of Things for Smart Home Applications. Electronics. 2025. Vol. 14, No. 3. URL: https://mdpi.com/2079-9292/14/3/608.
6. Moustafa N., Slay J. UNSW-NB15: A Comprehensive Data Set for Network Intrusion Detection Systems (UNSW-NB15). University of New South Wales. 2015. URL: https://research.unsw.edu.au.

УДК 004.056.53:004.89

Чінкуе К.,
студентка 3 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія»

Нерода Т.
науковий керівник, к.т.н., проф. кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах

UEBA ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ІНСАЙДЕРСЬКИХ ЗАГРОЗ В КОРПОРАТИВНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська політехніка»

Постановка проблеми. Актуальні концепції кібербезпеки все більше визнають недостатність традиційних механізмів, захист периметра виробничої мережі не може ефективно протидіяти внутрішнім загрозам, які становлять орієнтовано 34% усіх випадків загрози корпоративній безпеці за останніми дослідженнями. Зловмисники всередині організації, зламані облікові записи та необережні працівники мають законні права доступу, тому легко обходять звичайні системи захисту, які шукають відомі ознаки атак. Перехід на віддалену роботу та використання хмарних технологій значно збільшив кількість вразливих місць в інфраструктурі, що вимагає впровадження сучасних методів контролю поведінки користувачів, які є гнучкішими за статичні правила безпеки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [1] показано гібридний метод виявлення прихованих загроз, що поєднує переваги алгоритмів навчання з та без нагляду, проте використання множинних алгоритмів збільшує обчислювальні вимоги до системи. Дослідження [2] орієнтується на проблемі незбалансованості даних при навчанні CNN для розпізнавання внутрішніх загроз, показуючи ефективність SMOTE та ADASYN методів, проте не розглядає питання темпоральної динаміки поведінки користувачів. У праці [3] досліджено застосування інтеграційного навчання для розподіленого виявлення інсайдерських загроз зі збереженням приватності, але запропонований підхід потребує значних ресурсів для координації між вузлами. Робота [4] аналізує стан захисту від внутрішніх загроз у фінансовому секторі, де визначено, що UEBA технології є складними для операційного впровадження, а практичні аспекти побудови контекстних систем оцінювання ризиків залишаються недостатньо вивченими.

Невирішені частини загальної проблеми. Основна проблема рішень зводиться до відсутності комплексних систем аналізу поведінки користувачів, які б залучили множинні джерела даних, враховували контекст дій та тимчасові зміни поведінки, при цьому зберігаючи низький рівень хиб. Недостатньо досліджено розробки механізмів оцінювання ризиків, які б синтезували різнорідні фактори загроз та забезпечували доступність рішень для аналітиків безпеки. Також відкритим залишається питання створення систем з можливостями послідовного навчання для адаптації до еволюції поведінкових тенденцій користувачів.

Формування цілей дослідження. Метою роботи є експериментальна перевірка гібридної архітектури UEBA, що поєднує алгоритми машинного навчання без нагляду, методи розпізнавання тимчасових структур та механізми контекстного оцінювання ризиків для виявлення невидимих загроз у режимі реального часу. Основні завдання дослідження: побудова базових поведінкових

профілів користувачів методами кластеризації; реалізація виявлення аномалій з використанням ізоляційних лісів та автокодувальників; створення моделі контекстного скорингу ризиків; оцінювання ефективності системи на реальних наборах даних.

Виклад основного матеріалу. Запропонована методологія використовує багаторівневий аналітичний підхід, що обробляє різнорідні потоки даних: журнали автентифікації, записи доступу до файлів, мережевий трафік, статистику використання додатків та метадані електронної пошти. Етап профілювання застосовує кластеризацію k-means з Dynamic Time Warping для побудови індивідуальних поведінкових базових ліній, що враховують природні варіації активності користувачів. Компонент виявлення аномалій реалізовано як ансамбль алгоритмів: ізоляційний ліс для статистичних викидів та глибокі автокодувальні мережі для виявлення відхилень від нормальних форм поведінки.

Розроблено механізм контекстного оцінювання ризиків, що інтегрує різноманітні фактори: темпоральні аномалії, географічні невідповідності, спроби підвищення привілеїв та звернення до чутливих ресурсів. Алгоритм класифікації використовує байєс-орієнтований підхід для обчислення ймовірнісних оцінок ризику, що дозволяє аналітикам безпеки визначати пріоритети розслідування за рівнем загрози замість обробки всіх сповіщень підряд.

Загальна схема роботи механізму контекстного оцінювання ризиків (рис. 1) демонструє, як різнорідні фактори об’єднуються в єдину модель, що формує підсумкову оцінку ризику для подальшого аналізу аналітиками безпеки.

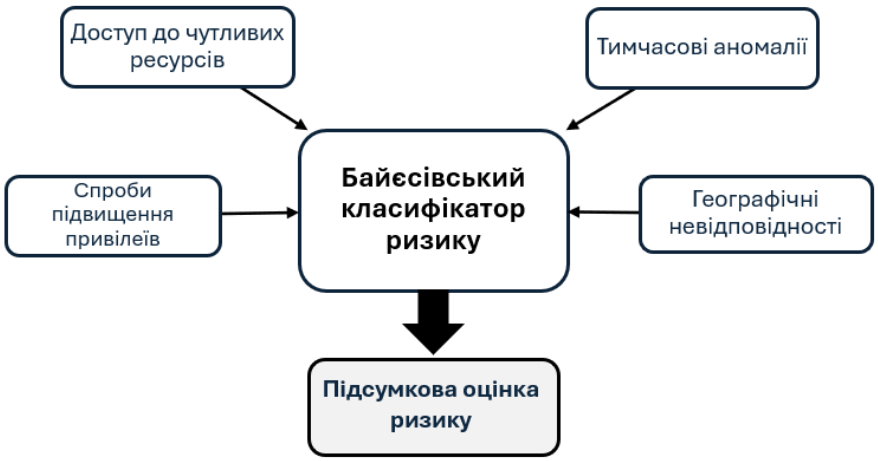


Рисунок 1. Контекстна модель оцінювання ризиків у UEBA-системі

Експериментальна перевірка на наборі даних CERT Insider Threat Dataset показала, що розроблена UEBA система досягає точності виявлення 94,7% при рівні хибних спрацювань 3,2%, що краще за базові методи виявлення аномалій. Система успішно виявляє різні типи внутрішніх загроз: викрадення даних, саботаж та шахрайство, із середнім часом виявлення 4,8 години від початку аномальної активності. Аналіз продуктивності показав, що компонент розпізнавання темпоральних структур найбільше впливає на ефективність виявлення, особливо для поступових змін поведінки, які не спрацьовують у порогових системах.

Обчислювальне навантаження системи становить менше 8% ресурсів інфраструктури безпеки, що підтверджує можливість впровадження в корпоративному середовищі. Архітектура підтримує інкрементальне навчання для безперервної адаптації до змін поведінки користувачів без повного перенавчання моделей. Реалізовано функції тлумаченості, що надають аналітикам зрозумілі обґрунтування для оцінок загроз.

Висновки. Проведене дослідження показує, що комплексні UEBA-системи, які використовують аналіз поведінки в часі та контекстну оцінку ризиків, суттєво покращують виявлення внутрішніх загроз. При цьому їхнє обчислювальне навантаження залишається на прийнятному рівні. Запропонована архітектура може слугувати доповненням до підходів нульової довіри та традиційних засобів периметричного захисту в багаторівневих системах безпеки. Подальші дослідження плануються у напрямках аналізу неструктурованих текстових комунікацій

та стійкості систем до спроб маніпулювання поведінковими профілями з боку досвідчених зловмисників.

Перелік джерел посилання

1. Yi, J., Tian, Y. Insider Threat Detection Model Enhancement Using Hybrid Algorithms between Unsupervised and Supervised Learning. Electronics, 13(5), 2024. 973.
2. Al-Shehari, T., Kadrie, M., Al-Mhiqani, M.N., et al. Comparative evaluation of data imbalance addressing techniques for CNN-based insider threat detection. Scientific Reports, 14, 2024. 24715.
3. Gayathri, R., Sajjanhar, A., Uddin, M.P., Xiang, Y. FedAT: Federated adversarial training for distributed insider threat detection. arXiv preprint arXiv:2409.13083. 2024
4. Elmrabit, N., et al. A Review of the Insider Threat: A Practitioner Perspective Within the U.K. Financial Services. IEEE Access, 2024
5. Бутенко, В.О., Тахтай, М.М. Кібербезпека: основи теорії та практики. Навчальний посібник. Київ: ДУТ, 2020. 312 с

УДК 004.056.55

Чінкуе П.
студентка 3 курсу спеціальності «Комп'ютерна інженерія»

Нерода Т.
науковий керівник, к.т.н., проф. кафедри комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах

ПОСТКВАНТОВІ КРИПТОСИСТЕМИ ТА ЇХ ІНТЕГРАЦІЯ У СУЧАСНІ ПРОТОКОЛИ КІБЕРЗАХИСТУ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Інститут поліграфії та медійних технологій НУ «Львівська політехніка»

Постановка проблеми

Стрімкий розвиток квантових комп'ютерів створює фундаментальну загрозу для сучасних криптографічних методів, зокрема RSA та еліптичних кривих (ECC). Алгоритм Шора дає змогу поліноміально розкладати великі числа на множники та обчислювати дискретний логарифм, що унеможливлює надійність класичних протоколів захисту даних. Такі ризики стають критичними для довгострокової конфіденційності інформації, зокрема в контексті атак типу "Harvest Now, Decrypt Later", коли зловмисники перехоплюють зашифровані дані для подальшого квантового розшифрування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У публікації [1] запропоновано підхід до приховування даних у каналах зв'язку з використанням адаптивного стеганографічного вбудовування, однак модель демонструє знижену стійкість при високому рівні трафіку та активному аналізі мережі. Дослідження [2] розглядає методи змішаної крипто-стего-обробки з динамічним вибором алгоритмів шифрування, проте автори не приділяють уваги проблемі синхронізації між модулями в умовах реальної системи кіберзахисту. Ресурс [3] наводить використання нейронних мереж для виявлення прихованих каналів передачі даних, але модель вимагає значних обчислювальних ресурсів і не враховує роботу в обмежених середовищах. Роботи аналізують сучасні архітектури інтегрованих систем безпеки, де відзначено потенціал комбінування криптографії та стеганографії, проте питання побудови єдиної модульної структури та механізмів їх узгодженої взаємодії залишаються недостатньо дослідженими.

Невирішені частини загальної проблеми

Попри активні дослідження, залишається недостатньо вивченим питання масового впровадження PQC у реальні системи з урахуванням продуктивності, сумісності та безпеки при

довгостроковому зберіганні ключів. Також потребує аналізу інтеграція PQC у мультикомпонентні моделі довіри, де взаємодіють різнорівневі мережеві вузли.

Ціль дослідження

Формування структурної моделі інтеграції постквантових криптосистем у сучасні протоколи кіберзахисту, зокрема TLS, VPN/IKEv2 та Zero-Trust-архітектури, із демонстрацією взаємодії ключових алгоритмів (Kyber, Dilithium, Falcon).

Виклад основного матеріалу

Постквантова криптографія (PQC) пропонує криптографічні механізми, стійкі до атак квантових обчислювальних систем. Алгоритм CRYSTALS-Kyber є ключовим методом обміну ключами (KEM), який поєднує високу швидкість та низьку потребу в пам'яті. CRYSTALS-Dilithium забезпечує формування цифрових підписів для автентифікації даних, тоді як Falcon пропонує більш компактні підписи для обмежених середовищ. У протоколі TLS 1.3 активно використовується гібридний механізм X25519+Kyber, що гарантує квантову стійкість під час встановлення сесії. У VPN-технологіях (IKEv2/IPsec) впроваджується PQC-IKE з гібридними ключами та підписами Falcon/Dilithium для автентифікації сторін. У Zero-Trust-архітектурах PQC-підписи застосовуються для перевірки сервіс-сервіс взаємодії, зменшуючи ризик компрометації при квантових атаках. Побудована структурна схема (рис. 1) демонструє взаємодію алгоритмів PQC із захисними протоколами.

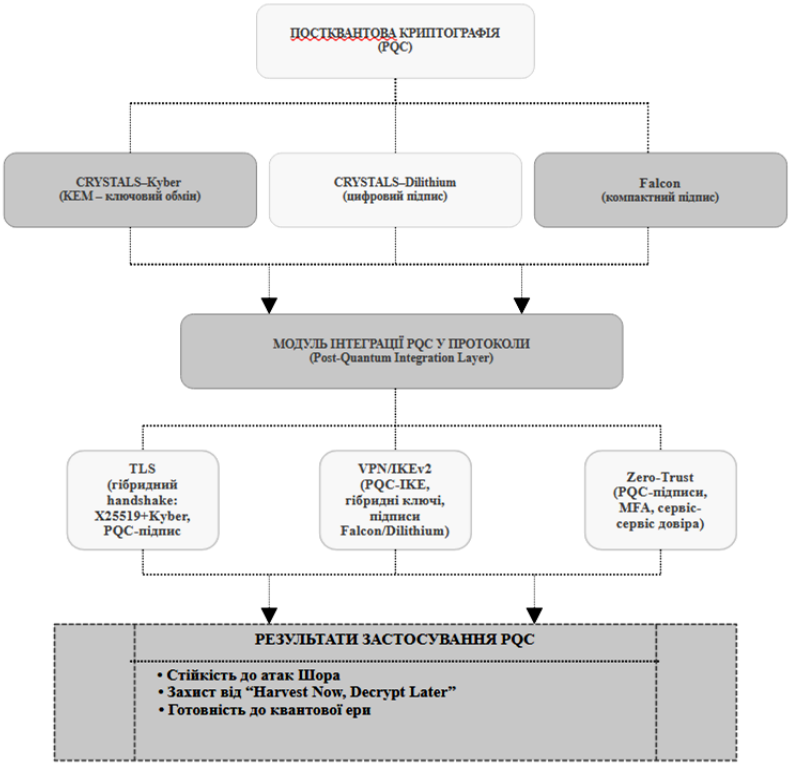


Рисунок 1. Інтеграція постквантових криптосистем у протоколи кіберзахисту

Висновки

Таким чином, обумовлені аспекти постквантових криптосистем є визначальними компонентами модернізації сучасних протоколів кіберзахисту мережевої інфраструктури виробничого та освітнього інформаційного простору. Їхня інтеграція у TLS, VPN та Zero-Trust-архітектури забезпечує стійкість до квантових атак і формує основу для безпечної цифрової інфраструктури майбутнього. Напрямки подальшого розвитку проєкту буде зосереджено на оптимізації продуктивності, стандартизації та забезпеченні масштабованості PQC-рішень.

Перелік джерел посилання

1. NIST. Post-Quantum Cryptography Standardization Project. 2022–2024.
2. Bernstein D., Lange T. Post-quantum cryptography. Springer, 2017.
3. Google Security Blog. Deploying Hybrid PQC in TLS. 2023.

УДК 004.056.5

Юдін Д. Ф.,
студент 6 курсу
спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»
ОПП «Програмне забезпечення систем»

Вишемирська С. В.
к.т.н., доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ЗАХИЩЕНОГО КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОГО ЗАСТОСУНКУ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ НА ОСНОВІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОТОКОЛІВ

Херсонський національний технічний університет

У сучасному цифровому середовищі миттєвий обмін повідомленнями є базовою складовою комунікаційних процесів. Зростання кіберзагроз та підвищені вимоги до приватності даних зумовлюють потребу у створенні систем, здатних забезпечувати високий рівень конфіденційності, цілісності та автентичності повідомлень відповідно до міжнародних норм інформаційної безпеки [6; 7; 9; 10].

Актуальність дослідження полягає у необхідності розробки клієнт-серверного застосунку реального часу із власним криптографічним протоколом, який поєднує ефективність транспортних протоколів WebSocket і WebRTC з сучасними механізмами шифрування. Основою криптографічної частини стали схеми X3DH та Double Ratchet, описані у роботах Т. Перріна та М. Марлінспайка [1; 2].

Для розробки застосунку використано стек технологій React, NestJS і PostgreSQL, що відповідає рекомендаціям сучасної літератури щодо створення безпечних вебзастосунків і повноцінних повностекових рішень [3; 4; 5]. Як транспортні механізми застосовано WebSocket та WebRTC, що забезпечують роботу у режимі реального часу [8].

Захист даних реалізовано через власний криптографічний протокол, створений на основі схем X3DH [2] та Double Ratchet [1] із використанням алгоритмів AES-256-GCM, Curve25519 та SHA-512.

Методика дослідження включала:

1) аналіз сучасних месенджерів і протоколів безпеки [1; 2; 6; 7; 9];
2) моделювання архітектури клієнт-серверної системи [4; 5];
3) тестування ефективності транспортних протоколів у різних мережевих умовах [8].

У результаті розроблено прототип захищеного клієнт-серверного месенджера, який забезпечує наскрізне шифрування, автентифікацію користувачів та безпечний обмін ключами. Порівняльний аналіз показав, що WebRTC демонструє меншу затримку під час передачі мультимедійних даних, тоді як WebSocket забезпечує вищу стабільність у мережах із суттєвими втратами пакетів [8].

Запропонований криптографічний протокол забезпечує стійкість до MITM-атак, атак відтворення та компрометації ключів, а також підтримує властивість Forward Secrecy відповідно до підходів, описаних у протоколах Signal [1; 2].

Система демонструє стабільну роботу у різних мережевих умовах та може бути інтегрована в корпоративні або державні платформи обміну повідомленнями [6; 10].

У результаті проведеної роботи створено архітектуру захищеного клієнт-серверного застосунку реального часу з власним криптографічним протоколом. Розроблене рішення поєднує високу продуктивність транспортних протоколів із сучасними методами криптографічного захисту, що забезпечує надійність комунікації та низькі затримки передачі даних. Отримані

результати можуть бути використані при створенні безпечних месенджерів, корпоративних систем зв’язку та застосунків з високими вимогами до інформаційної безпеки [3; 4; 5; 6; 10].

Перелік джерел посилання

1. Rösler D., Marlinspike M., Perrin T. The Double Ratchet Algorithm. Signal Foundation, 2020 (оновлене видання).
2. Perrin T., Marlinspike M. The X3DH Key Agreement Protocol. Signal Foundation, 2020 (оновлене видання).
3. Mead A. Learning Node.js Development. Packt Publishing, 2018.
4. Rippon C. Learn React with TypeScript. Packt Publishing, 2025.
5. Hoque S. Full-Stack React Projects: Learn MERN stack development by building modern web apps using MongoDB, Express, React, and Node.js. Packt Publishing, 2020.
6. ISO/IEC 27001:2022 — Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements. International Organization for Standardization, 2022.
7. ISO/IEC 27002:2022 — Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security controls. International Organization for Standardization, 2022.
8. ISO/IEC 23532:2023 — Cybersecurity — Red teaming framework. International Organization for Standardization, 2023.
9. ISO/IEC 27400:2022 — Cybersecurity — IoT security and privacy — Guidelines. International Organization for Standardization, 2022.
10. GDPR Data Protection Board. Guidelines on Security of Personal Data Processing. 2021.

Наукове електронне видання

ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених

за тематикою:

«Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»

ISBN 978–617–8187–62–0 (електронне видання)

МАТЕРІАЛИ VIII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАЧТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ

Комп'ютерна верстка: к.т.н., доцент Дідик О.О.
Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент Григорова А.А.
Дизайн обкладинки: доктор філософії Іванчук О.В.

Підписано до видання 25.11.2025 р. Формат 60×84/8.
Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 25,15. Обл.-вид. арк. 27,04.
Замовлення № 3248.

Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи серія ХС № 48 від 14.04.2005 р.
видано Управлінням у справах преси та інформації
73000, Україна, м. Херсон, вул. Соборна, 2,
тел. +38(050) 133-10-13,
e-mail: printvvs@gmail.com