

MINISTRY OF EDUCATION  
AND SCIENCE OF UKRAINE

NATIONAL UNIVERSITY  
OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE

FACULTY OF INFORMATION  
TECHNOLOGY

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

## PROCEEDINGS

XII International scientific  
conference

**GLOBAL AND  
REGIONAL PROBLEMS OF  
INFORMATIZATION IN  
SOCIETY AND  
NATURE USING  
'2024**

21-22 November 2024

Kyiv, NULES of Ukraine

Kyiv 2024

## МАТЕРІАЛИ

XII Міжнародної науково-практичної  
конференції

**ГЛОБАЛЬНІ ТА  
РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ  
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В  
СУСПІЛЬСТВІ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ  
'2024**

21-22 листопада 2024 року

Київ, НУБіП України

Київ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## **МАТЕРІАЛИ**

ХІІ Міжнародної науково-практичної конференції

# **ГЛОБАЛЬНІ ТА РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВІ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ '2024**

21-22 листопада 2024 року

Київ, НУБіП України

Київ 2024

УДК 004

Рекомендовано до друку вченою радою факультету інформаційних технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 5 від 19.12.2024)

Укладач: д.т.н., доцент Шкарупило В.В.

Збірник матеріалів XII Міжнародної науково-практичної конференції "Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні '2024", 21-22 листопада 2024 року, НУБіП України, Київ. – К.: НУБіП України, 2024. – 205 с.

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

© Національний університет біоресурсів  
і природокористування України, 2024

## Зміст

### **SECTION 1. MODELS, METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMICS / МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ** **5**

МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ 5  
*Тетяна Коваль* 5

MODELLING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN AGRICULTURAL ENTERPRISES 8  
*Volodymyr Kharchenko, Hanna Kharchenko* 8

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙНИ ТА ІНШИХ ШОКІВ НА АГРОБІЗНЕС В УКРАЇНІ 11  
*Наталія Клименко* 11

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ 14  
*Наталія Рогоза* 14

ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЕПОПУЛЯЦІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ УКРАЇНИ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ 17  
*Роман Золотуха* 17

АНАЛІЗ РИНКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ POWER BI ТА API ЄДЕБО 22  
*Інна Костенко* 22

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ 26  
*Марина Негрей, Сергій Костенко* 26

ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ ТА РЕКЛАМИ 32  
*Катерина Наконечна, Борис Дворник* 32

ПІДГОТОВКА ДАНИХ І ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У РОЗРОБЦІ ІТ-РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ 36  
*Володимир Кравченко* 36

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ 39  
*Людмила Галаєва* 39

### **SECTION 2. COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS, CYBERSECURITY / КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ, КІБЕРБЕЗПЕКА** **42**

КІБЕРБЕЗПЕКА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВОЇ ЗАГРОЗИ 42  
*Ярослав Дорогий, Василь Цуркан* 42

ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У СИСТЕМАХ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ 45  
*Олексій Коваленко, Лі Лі, Хао Сунь* 45

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СЛУЖБИ ПІДТРИМКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОТРАНСПОРТУ	48
<i>Євгеній Нікітенко</i>	48
MODERN VIDEO GAMES ANTI-CHEATING SECURITY ISSUES ESSE	51
<i>Volodymyr Nazarenko, Mario Funderburk</i>	51
ОСОБЛИВОСТІ КРИПТОАНАЛІЗУ СУЧАСНИХ ГЕШ-ФУНКЦІЙ, ЩО МІСЯТЬ КРИПТОГРАФІЧНУ СІЛЬ	56
<i>Андрій Сагун</i>	56
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕПЛИЦЕЮ	59
<i>Максим Місюра</i>	59
АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ ДІЛЕННЯ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ У ВИГЛЯДІ ВІДОБРАЖЕНЬ	62
<i>Борис Гусєв, Олександр Самощенко, Олег Кулініч</i>	62
RESEARCH ON DIFFERENTIAL CRYPTANALYSIS BASED ON DEEP LEARNING	65
<i>Цзян Сюе, Lakhno Valerii</i>	65
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СПОЖИВЧОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 10/0,4 КВ	68
<i>Семен Волошин</i>	68
UNSUPERVISED ONLINE ADAPTATION FOR DEPTH ESTIMATION AND SEMANTIC SEGMENTATION IN AUTONOMOUS VEHICLES	71
<i>Yevhen Kuznietsov</i>	71
A BRIEF VIEW OF THE SPECTRUM MODEL OF THE COWS' LACTATION	77
<i>Viktor Smolii, Tomas Klingström</i>	77
CONCEPTS OF WEB 3.0 AND THEIR INFLUENCE ON EDUCATION	80
<i>Andrii Patsora, Vadym Shkarupylo</i>	80
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ НА ОСНОВІ ASTERISK	83
<i>Олексій Казанський</i>	83
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЛЮДЕЙ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ	87
<i>Володимир Шумов</i>	87
DOUBLE-RATCHET BASED SECURITY FOR PROVIDING INTERNET SERVICES TO DISCONNECTED AREAS	90
<i>Benjamin Reed, Anirudh Kariyatil Chandakara, Abhishek Gaikwad</i>	90
A REVIEW OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR "ON-THE-FLY" IMAGE RECOGNITION IN TRAFFIC SCENARIOS	94
<i>Liu Shi jun, Vadym Shkarupylo</i>	94
ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ТРАФІКУ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ	97
<i>Вадим Штанько</i>	97
ХМАРИ ЯК МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОСВІТНЬОЇ ЕКОСИСТЕМИ У ЧАС ВИКЛИКІВ ТА ЗАГРОЗ ВОЄННОГО СТАНУ	100
<i>Дмитро Касаткін, Сергій Мамченко</i>	100
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ ТА ДОСТУПОМ ОСНОВНИХ ХМАРНИХ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ	103

**SECTION 3. DATA PROCESSING AND SOFTWARE SYSTEMS DEVELOPMENT/  
ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ**  
**107**

РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ У ДАНИХ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	107
<i>Дмитро Шевченко</i>	107
СЕРІАЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТУ ДЕРЕВО ГАФФМАНА ПІД ПЛАТФОРМОЮ .NET 7.0	111
<i>Юрій Міловідов</i>	111
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОМЕРЕЖАМИ	114
<i>Сергій Денисюк, Галина Бєлоха, Володимир Хиленко, Олексій Степанов</i>	114
МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БАЛАНСУЮЧИМ РИНКОМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ КРАЇНИ	117
<i>Дмитро Ніколаєнко, Jan Korych</i>	117
METHOD OF SECURELY STORING THE PRIVATE KEY OF THE BLOCKCHAIN NETWORK ACCOUNT	120
<i>Yuliia Boiarinova, Vladislav Seletkov</i>	120
ОСОБЛИВОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ PYTHON НА ПРИКЛАДІ ГІПОТЕЗИ ПОЛЛОКА	123
<i>Віктор Кириченко, Максим Недьошев</i>	123
МЕТААНАЛІЗ ПОРІВНЯЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ	128
<i>Ганна Вайганг, Юрій Науринський</i>	128
RESEARCH ON THE SECURITY OF MASS SERVICE SYSTEMS IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES	132
<i>Ганна Ganna Weigang, Kateryna Myronchuk</i>	132
ВИЗНАЧЕННЯ СТАДІЙ ЗРІЛОСТІ ПОЛУНИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	136
<i>Олекса Качмарський</i>	136
ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	139
<i>Марина Лендєл</i>	139
АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ	142
<i>Ганна Вайганг, Іван Корнілов</i>	142
МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ НАСТРОЇВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ АПК УКРАЇНИ	146
<i>Роман Руденський, Вікторія Руденська</i>	146
МІСЦЕ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ЗА SWEBOK V4.0 (2024)	149
<i>Ірина Бородкіна, Георгій Бородкін</i>	149

**SECTION 4. INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY, TECHNOLOGY AND NATURAL USE / ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ 153**

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ»	153
<i>Вікторія Смолій, Натан Смолій</i>	153
ВИКОРИСТАННЯ LMS MOODLE ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІЛЬНОГО ВИБОРУ СТУДЕНТАМИ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН	156
<i>Максим Мокрієв</i>	156
БЛОКЧЕЙН СИСТЕМИ У ЕНЕРГЕТИЦІ	159
<i>Швиденко М.З., Рогоза К.Г., Волошин С.М.</i>	159
ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТКОВИХ КВАЛІФІКАЦІЙ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСОБАМИ CONNECTED PAPERS	162
<i>Олена Кузьмінська, Ольга Барна</i>	162
ПЛАТФОРМА ЕЛЕКТРОННОГО ДОРАДНИЦТВА ЯК БАЗИС ВПРОВАДЖЕННЯ AKIS В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	165
<i>Сергій Саяпін, Таїсія Саяпіна</i>	165
ВИЗНАЧЕННЯ РЕЛЬЄФУ ПРИ ОБРОБЦІ ПОЛІГОНАЛЬНИХ ДАНИХ ФОРМАТУ GLTF	169
<i>Олексій Коваль, Ігор Болбот</i>	169
ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ НА ОСНОВІ ІШ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС ОНЛАЙН КОМУНІКАЦІЇ	172
<i>Олена Глазунова, Валентина Корольчук, Тетяна Волошина</i>	172
INTEGRATING SCIENTIFIC ENTREPRENEURSHIP WITH DIGITAL TRANSFORMATION STRATEGIES FOR SMES	175
<i>Dmytro Zherlitsyn</i>	175

**SECTION 5. AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES, ROBOTICS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE/АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ, РОБОТОТЕХНІКА, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ 178**

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ УРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	178
<i>Віталій Лисенко, Микола Доля, Тарас Лендел, Катерина Наконечна</i>	178
ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ У КРИЗОВИХ УМОВАХ: ВІЙСЬКОВІ ЗАГРОЗИ ТА ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	181
<i>Роман Поліщук, Сергій Шворов</i>	181
ПРОМИСЛОВІ РОБОТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РОСЛИН	184
<i>Іван Савченко, Ігор Болбот</i>	184
МОЖЛИВОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРЕМІКСІВ	187
<i>Микола Правілов, Микола Кіктеєв, Олексій Опришко</i>	187
ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ФІНАНСОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ	190

<i>Карина Волошина</i>	190
RESEARCH ON SURFACE ROUGHNESS CHARACTERIZATION BASED ON MACHINE LEARNING AND LASER SPECKLE PATTERNS	193
<i>Gao Hui, Dai Bing</i>	193
РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У БАГАТОРІВНЕВИХ УПРАВЛІНСЬКИХ СТРУКТУРАХ	200
<i>Андрій Якушин, Марина Негрей</i>	200
КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ LIDAR-ТЕХНОЛОГІЙ У СКЛАДІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ГРУНТІВ	203
<i>Олексій Циганов, Ігор Болбот</i>	203

## SECTION 1. MODELS, METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMICS / МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

**Тетяна Коваль**

К. ф.-м. н., доцент кафедри економічної кібернетики  
НУБіП України, факультет ІТ  
ORCID ID 0000-0002-3981-5843  
Kovalt28@gmail.com

### МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

**Анотація.** Олієжировий комплекс України характеризується інтенсивним розвитком, зростанням переробних потужностей у промисловості та постійним збільшенням площ посіву олійних культур навіть в період військових дій. Така ситуація зумовлює велике значення олієжирового комплексу в системі агропромислового комплексу України та зумовлює високий рівень актуальності наукових досліджень у цій сфері.

**Ключові слова:** олійні культури, ринок, обсяги виробництва, рівень прибутковості, експорт.

#### ВСТУП

Олійні культури мають величезне економічне значення. З їхнього насіння виготовляють рослинні олії, які використовуються в таких галузях, як харчова, лакофарбова, текстильна, шкіряна, електротехнічна та медична промисловість. Зростання конкуренції на ринку соняшникової олії посилило необхідність створення та реалізації економічних можливостей для підвищення ефективності та продуктивності олієжирового комплексу та забезпечення його конкурентоспроможності.

Постановка проблеми.

Останні події суттєво вплинули на ситуацію на українському ринку олійних культур. Війна та окупація території України призвели до змін у структурі ринку олійних культур. Моделювання та прогнозування ринку олійних культур в Україні дає змогу знівелювати ризики, пов'язані з вирощуванням олійних культур.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багатоперспективними фундаментальними дослідженнями виробництва соняшнику займаються вітчизняні вчені та економісти: В. Амбросов, В. Андрійчук, О.Воронянська, П.Гайдучський, В. Бойко, М. Гладій, О.Гудзинський, Ю. Домашенко, М.Зубець, О.Крисальний, М. Кропивко І.Лукинов, П. Макаренко, М. Малхотра, В. Ткачук, М.Малік, А. Іванко Л. Мармуль, П. Саблук, Є. Кирилюк, М.Хорунжий, Л. Чернюк, Д. Шарма О. Шпичак, В.Юрчишин.

**Мета публікації.** Проаналізувати та дослідити ринок олійних культур України, визначення проблем і перспектив його розвитку.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ринок соняшнику в Україні має стратегічне значення. Він має найбільшу потужність на ринку олії, збалансований за ключовими об'єктами та параметрами, розвинений та направлений на внутрішній олієпереробний комплекс з подальшою експортною діяльністю. Виробничі показники стабільні. Введено 10% експортне мито на соняшник.

Найвищі темпи росту має ринок сої в Україні. Для нього характерні два вектори це виробництво нерафінованої олії з подальшим експортом та експорт насіння. Експорт сої має дуже позитивну динаміку (0% експортне мито). Довгостроково перспективний.

Ринок ріпаку в Україні переважно експортоорієнтований (податок на експорт 0%), нестабільний і непередбачуваний, має самі високі темпи зростання врожайності. Короткостроково перспективний завдяки зростанню вітчизняної галузі переробки ріпаку. [1]

Тільки збільшуючи середню врожайність олійних культур в перспективі можна досягти збільшення виробництва. Завдяки підбору високоврожайних гібридних сортів можна домогтися підвищення врожайності та олійності. Україна посідає 2 місце у світі за площами посівів соняшнику (6,6 млн га). Активний розвиток олієжирової промисловості потребує належного рівня забезпечення олійною сировиною. Через попит на олійні культури та їхню прибутковість ми спостерігаємо поступове розширення посівних площ.

Рівень прибутковості олійних був на рівні від 274 \$/т по сої до 322 \$/т по насінню соняшника. [2]

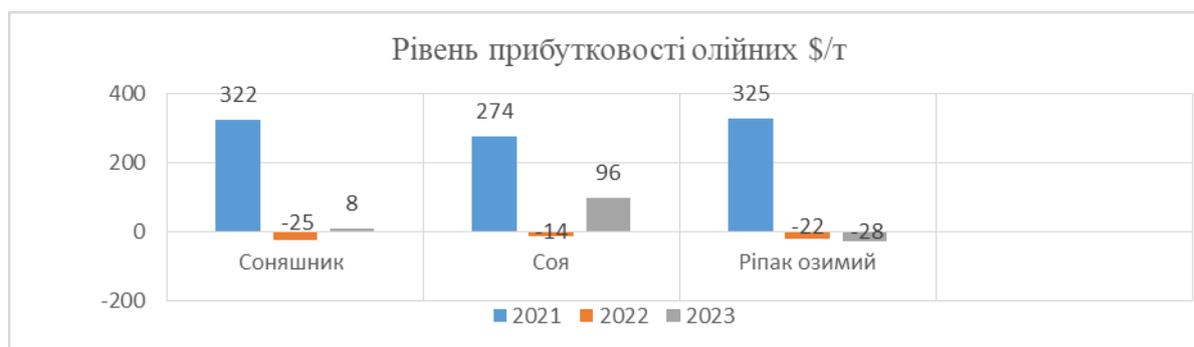


Рисунок 1. Рівень прибутковості олійних \$/т

У 2023 році тільки соєві боби є найбільш прибутковими, хоча соєві боби становлять лише 11% від загального виробництва зерна та олійних культур. Порівняно з 2021 роком посівні площі сої значно зросли. Менші потреби в добривах, використання запасів насіння, попит в ЄС і високий внутрішній попит зробили цю культуру більш бажаною для багатьох господарств.



Рисунок 2. Прогноз виробництва сої в Україні, тис. т.

Найбільші заводи, які займаються переробкою олії в Україні розташовані в Миколаївській, Кіровоградській, Одеській, Харківській та Дніпропетровській областях. Через обстріл Росії були пошкоджені інфраструктура для зберігання, що призвело до великих втрат продукції підприємствами.

Російське вторгнення в 2022 році вплинуло не тільки на посівні площі (скорочені з 6.6 млн га в 2021 році до 4.8 млн га.), а й на український врожай соняшнику. [3]

Військові дії суттєво вплинули на ринок олійних культур: На окупованих територіях залишилась частина підприємств, блокада чорноморських портів,

скоротився експорт олії через блокаду, призупинилось виробництво не тільки в близькості до лінії зіткнення, внутрішні ціни на соняшник значно знизились, що призвело до великих обсягів експорту насіння соняшника.

### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Український ринок олійно-жирової продукції на сьогодні є одним із найперспективніших напрямків сільськогосподарського виробництва. Це сфера впливу економічних відносин між різними групами сільськогосподарських виробників, переробників і споживачів товарів. Дуже важливо нарощувати виробництво для внутрішнього ринку та постійно розширювати присутність країни на міжнародному ринку.

За результатами проведених досліджень зроблено наступні висновки:

Ринок соняшнику в Україні має стратегічне значення. Він має найбільшу потужність на ринку олійних культур. Характеризується стабільними виробничими показниками.

Ринок сої в Україні є дуже динамічним порівняно з іншими ринками олійних культур, маючи найвищі темпи зростання за площею та загальним урожаєм. Незважаючи на війну, соя стала рідкісним випадком значного зростання.

Ринок ріпаку в Україні переважно експортоорієнтований має найвищі темпи зростання врожайності. Перспективний завдяки зростанню вітчизняної галузі переробки ріпаку.

Проаналізовано вплив військових дій на Україні на посівні площі олійних культур.

Проведено аналіз світового ринку олійних культур: висока пропозиція сої в світі, лідерські позиції США втрачаються; збільшення виробництва рослинних олій; зменшення перехідних залишків насіння соняшнику; відкриття китайського ринку для експорту з України соняшникового шроту; збільшення обсягів виробництва високоолеїнового соняшнику; високий попит на сою, уповільнює падіння цін на культуру.

### **ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)**

[1] Асоціація "Укроліяпром" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukroilprom.org.ua/>

[2] Український клуб аграрного бізнесу. Аграрний ринок. Олійні [Електронний ресурс].- Режим доступу: [http://ucab.ua/ua/doing\\_agribusiness/agrarni\\_rinki/oliyni](http://ucab.ua/ua/doing_agribusiness/agrarni_rinki/oliyni)

[3] Король О. Олійні в умовах війни: посів, залишки, переробка, умови зберігання. Latifundist Media. 2022. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/963-olijni-v-umovah-vijni-posiv-zalishki-pererobka-umovi-zberigannya>

**Volodymyr Kharchenko**

Ph.D., Assoc. Prof., Head of the Economic Cybernetics Department of the National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0001-5067-7181

vkharchenko@nubip.edu.ua

**Hanna Kharchenko**

Ph.D., Assoc. Prof.

ORCID: 0000-0002-0705-447X

kharchenko.a.a@nubip.edu.ua

## MODELLING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN AGRICULTURAL ENTERPRISES

**Abstract.** The scientific work is focused on modelling the sustainable development of agricultural enterprises in Ukraine using a taxonomic approach that allows to classify and evaluate the interaction of the main sustainability factors. Three main sustainable development indicators were identified: economic, social and environmental. The proposed mathematical methods and formulas for standardising data, calculating distances to reference points and the integral index of sustainable development allow to effectively assess enterprises' sustainability level and determine optimal strategies for their development. Taxonomic modelling contributes to the comprehensive analysis and optimisation of the activities of agricultural enterprises, which is an important step towards ensuring food security and social stability in the face of global challenges.

**Keywords:** sustainable development, economic and mathematical methods, taxonomic modelling, agricultural enterprises, indicators.

### 1. INTRODUCTION

The agricultural sector of Ukraine is one of the key components of the national economy, providing a significant part of the gross domestic product, export earnings and food security. At the same time, the sustainable development of agricultural enterprises in Ukraine is becoming increasingly relevant in the context of global changes, such as climate change, social transformations and global economic challenges. An important problem is preserving ecological balance while maximizing the economic efficiency of agricultural production.

Research by Ukrainian and foreign authors confirms the need to develop integrated models of sustainable development for agricultural enterprises that combine economic, environmental and social aspects. Such studies focus on the application of a systematic approach and multi-criteria assessment for the analysis of the sustainability of various models of agricultural production. In particular, Ukraine is actively developing approaches to the integration of ecological innovations, renewable energy sources, as well as strategies to increase the social responsibility of agricultural enterprises.

**Analysis of recent research and publications.** The issue of modelling the sustainable development of Ukrainian enterprises using taxonomic analysis has been the subject of research by many domestic and foreign scientists, in particular Kamishnikova E., Vereskun M., Verzylova, K., Krykhovetska Z., Shchypailo S., Kropelnytska S., Lyzhnyk Y., Bocharova Y. and others [1-3]. Their work is focused on the development of integrated models that take into account the economic, environmental and social aspects of sustainable development, as well as on the application of a systemic approach and multi-criteria assessment to analyse the sustainability of agricultural enterprises.

However, taking into account the specificity of agricultural production, which is characterized by high dependence on natural and climatic conditions, seasonality and increased environmental risks, there is an urgent need to conduct research aimed specifically at modelling the sustainable development of agricultural enterprises. This will allow taking

into account the specifics of this sector and ensure an effective combination of economic performance, environmental sustainability and social responsibility.

## 2. RESULTS AND DISCUSSION

This research includes modelling the sustainable development of agricultural enterprises in Ukraine through a taxonomic approach, which allows the classification and evaluation of the interaction of the main sustainability factors. The conducted research established that sustainable development in the context of the agricultural sector means a combination of economic, social and ecological aspects to ensure long-term growth. Indicators of sustainable development were divided into three main groups: economic, social and ecological. For each of the groups, specific criteria were defined, allowing to assess the level of sustainability of the enterprise.

It is worth noting that economic indicators include the efficiency of resource use, the level of profitability, and the ability to adapt to changing economic conditions. Ecological indicators encompass factors such as the implementation of sustainable agricultural practices, preservation of soil and water resources, carbon emissions reduction, and mitigation of other environmental pollutants. Social indicators assess the level of development of rural communities, the provision of social services and jobs, and the improvement of the quality of life in the countryside.

The developed taxonomy allows to effectively classify agricultural enterprises according to the level of sustainability and helps to choose the best ways to improve their activities in conditions of uncertainty. Several important aspects that contribute to sustainable development were also identified, in particular, innovative technologies, adaptation to climate change, and efficient use of natural resources. The second stage is the creation of an observation matrix, which displays the values of the selected indicators for each enterprise for certain periods. This stage also standardises the data to compare the results between different enterprises.

Various mathematical approaches can be used to conduct a taxonomic analysis of the sustainable development of agricultural enterprises, in particular, to assess the level of sustainability using taxonomic indices. To compare indicators that have different units of measurement, they need to be normalised [1-2].

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (1)$$

where:  $X_{ij}$  - the value of the  $j$ th indicator for the  $i$ th object (enterprise or period)  
 $\min(X_{ij})$   $\max(X_{ij})$  - the minimum and maximum value of indicator  $j$  among all objects.

We use the Euclidean distance to determine the distance between each object and a reference point to obtain the overall level of sustainable development.

$$C_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_{0j})^2} \quad (2)$$

where  $C_{ij}$  – is a multidimensional Euclidean distance between individual observations and a vector reference for each distinct indicator of the enterprise development level.

$Z_{ij}$  – is the standardized value of  $j$  in the  $i$  object.

$Z_{0j}$  – the value of the indicator at the reference point.

Formula 3 is used to determine the integral index of sustainable development based on distances

$$ITI_i = 1 - \frac{C_{i0}}{C_0} \quad (3)$$

$C_{i0}$  – the distance between the  $i$ th object and the reference point;

$C_0$  – average value of all distances to the reference point.

Determination of the impact of each indicator on the overall level of sustainable development.

$$\omega_{ij} = \frac{(z_{ij} - z_{0j})^2}{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_{0j})^2} * 100 \quad (4)$$

where  $\omega_{ij}$  is the value of the indicator in the evaluation of a given object for a certain period.

These formulas will help to clearly and effectively describe the main stages of the analysis of the sustainable development of agricultural enterprises using the taxonomic method.

### 3. CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

To ensure the sustainable development of agricultural enterprises of Ukraine, it is important to apply an integrated approach that takes into account all aspects of sustainability: economic, ecological and social.

This approach makes it possible to form a comprehensive assessment of the development of enterprises based on multiple indicators, taking into account economic, social and environmental aspects. The inclusion of this method in the practice of agricultural management will make it possible to effectively promote the transition to sustainable development, which is key to ensuring food security and social stability in the face of global challenges.

Therefore, the introduction of taxonomic modelling allows not only to systematize indicators of sustainable development but also to determine of optimal strategies for enterprises aimed at improving their efficiency and environmental responsibility.

### REFERENCES

- [1] Kamishnikova E., Vereskun M., & Verzylova K. (2023). The use of taxonomic analysis to assess the level of organizational efficiency of industrial enterprises. Bulletin of the Azov State Technical University. Series: Economic Sciences, 1(38), 81-86.
- [2] Krykhovetska Z., Shchypailo S. and Kropelnytska S. (2021) Taxonomic analysis of the financial potential of the enterprise development, *Ekonomika ta derzhava*, vol. 11, pp. 90-97
- [3] Lyzhnyk Y., Bocharova Y. (2024). A forecast approach to the taxonomic analysis of the financial and economic state of the enterprise. Bulletin of DonNUET "Economic Sciences", 1(80).

**Наталія Клименко**

к.е.н., доцент кафедри економічної кібернетики

Місце роботи: НУБіП України, кафедра економічної кібернетики. м. Київ,

ORCID 0000-0003-0693-865X

*nklimenko@nubip.edu.ua*

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ВІЙНИ ТА ІНШИХ ШОКІВ НА АГРОБІЗНЕС В УКРАЇНІ

**Анотація.** Дана робота присвячена аналізу та оцінці ризиків, характерних для аграрного бізнесу в умовах макроекономічної невизначеності, пов'язаної з військовими діями на території України, а також окресленню необхідності та можливих наслідків діджиталізації аграрного сектору. Проведене дослідження включало аналіз стійкості агрохолдингів в Україні до та після шокowego періоду, а також їх інвестиційної привабливості. Для оцінки ризиків, пов'язаних з діяльністю сільськогосподарських виробників України в умовах макроекономічної невизначеності, зокрема в шоківий період, було обрано найбільші агрохолдинги України, акції яких котируються на Варшавській та Лондонській біржах.

Інформаційною базою дослідження слугували щоденні котирування акцій обраних агрохолдингів. Вибірка була поділена на три періоди: до шоку, який характеризувався певним рівнем стабільності; період шоку, спричиненого війною; період відновлення після шоку.

**Ключові слова:** оцінка ризиків, невизначеність, шоківі періоди

### 1. ВСТУП

До військового вторгнення РФ Україна перебувала серед світових лідерів за експортом сільськогосподарських продуктів, від яких залежить продовольча безпека багатьох країн, аграрний сектор є однією з головних галузей української економіки. Війна в Україні стала третім асиметричним шоком, як називають його економісти, який Євросоюз пережив за останні два десятиліття після фінансово-економічної кризи 2008 року та наступної кризи євросони та пандемії COVID-19 Виокремлюються фактори, які можуть мати руйнівний вплив на продовольчу безпеку на європейському та глобальному рівнях, а саме глобальне потепління, що призводить до кліматичних змін; COVID-19 – всесвітня пандемія та війна в Україні.

### 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Кількість екзистенційних викликів, з якими стикнулась аграрна галузь в результаті повномасштабної війни, надзвичайна: втрата активів на тимчасово окупованих територіях, замінована земля, блокада портів, обстріли та руйнування портової інфраструктури, знищення підприємств і техніки, блокування кордонів західними сусідами, дефіцит робочих рук, волатильність на світових ринках. Незважаючи на те, що всі типи виробників сільськогосподарської продукції стикаються з серйозними проблемами, найбільша частка втрат, пов'язаних з війною, припадає на великий індустріальний агробізнес Але навіть на тлі збитків український агросектор залучає інвестиції, створює робочі місця, популяризує українське сільське господарство у світі, генерує значні надходження до держбюджету і формує велику частку ВВП України. Тому аналіз поточної ситуації функціонування агровиробників, оцінка їх інвестиційної спроможності та привабливості та прогнозування трендів розвитку в умовах макроекономічної нестабільності становлять науковий інтерес та цінність практичного застосування. Метою дослідження є аналіз та оцінка ризиків аграрного сектору України в умовах макроекономічної нестабільності різної природи. Суть

дослідження полягає у проведенні аналізу стійкості агрохолдингів України до та після шоків періодів, спричинених кризою та війною.

Для оцінки ризиків функціонування аграрних виробників України за умов макроекономічної нестабільності з виділенням шоків періоду було обрано найбільші агрохолдинги України, що представлені на Варшавській та Лондонській біржах: МХП (MHP), Астарта (ASTH), Агротон (AGTP), ІМК (IMC), Овостар (OVO), Агроліга (AGLP), KSG Агро (KSG) та Кернел (KER). Інформаційне забезпечення дослідження включало щоденні ціни акцій обраних агрохолдингів (рис.1).

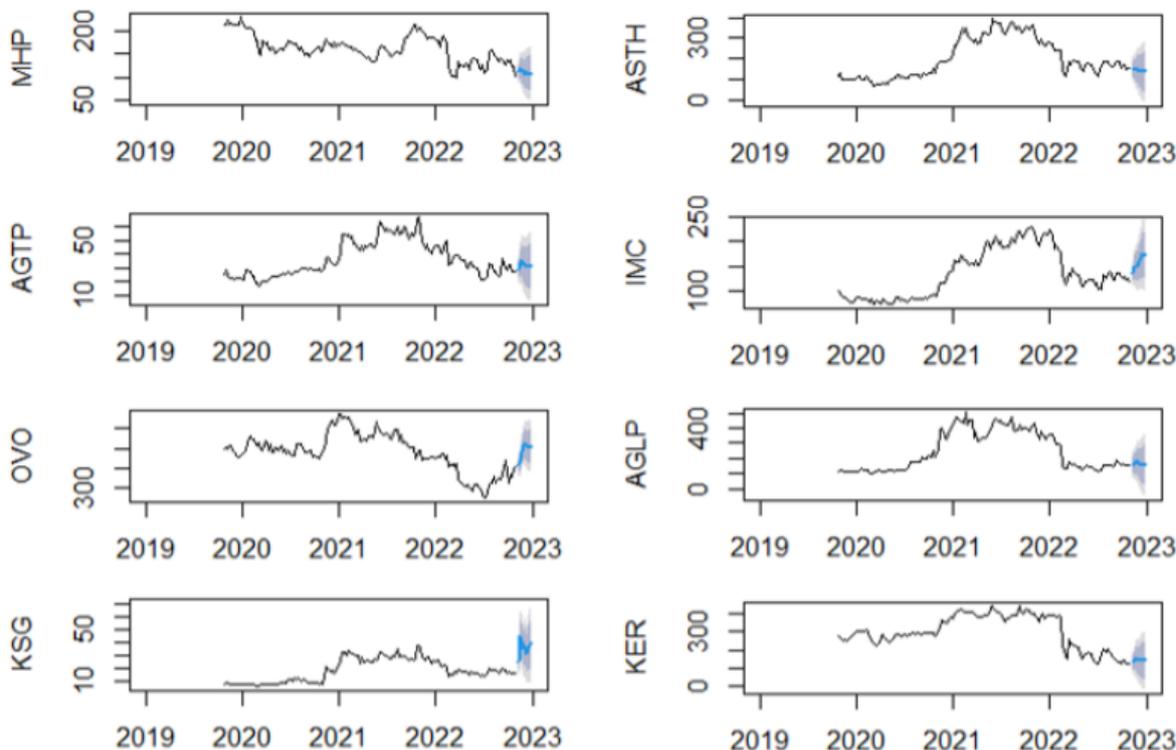


Рисунок 1. Прогнозування прибутковості агрохолдингів

Окремо проаналізовано показники для періоду COVID-19 та війни в Україні. Вибірка була поділена на три періоди: період до шоку, який характеризується певним рівнем стабільності; період шоку, та період відновлення після шоку. Відповідні дослідження проводилось на основі індикаторів глибини шоку та рівня відновлення після шоку.

Для характеристики співвідношення «ризик-результат» в умовах шоку було використано два показники. Перший показник означає «глибину шоку» ( $Sd$ ), яка

$$Shock\ deepness = \frac{cost_{Sp}^{min}}{cost_{\bar{S}p-1}} - 1,$$

визначається як

де,  $cost_{Sp}^{min}$  - мінімальна ціна в шоківому періоді,

$cost_{\bar{S}p-1}$  - означає середню ціну в дошківому періоді.

Другий індикатор відображає «рівень відновлення» ( $Rr$ ), який визначається як:

$$Recovery\ rate = \frac{cost_{\bar{S}p+1}}{cost_{\bar{S}p-1}},$$

де  $cost_{\bar{S}p+1}$  - середня ціна у післяшківому періоді.

Особливу увагу приділено оцінці ризиків для шоківому періоду. Для цього використано два показники: глибина шоку та рівень відновлення. Проведено оцінку

ризик у на базі концепції варіативності та оцінку ризику в рамках підходу value at risk та conditional value at risk.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Розглянуто інвестиційну привабливість агрохолдингів України в умовах пандемії та війни, що спричинили шоківий період, встановлено глибину шоку та рівень відновлення для найбільших агрохолдингів України. У середньому компанії майже не відчували впливу пандемії, а після неї навпаки приросли в понад 1,5 рази. На відміну від цього, вплив війни був руйнівним для всіх компаній. У середньому у період шоку агрохолдинги просіли на 51%, при цьому відновитися змогли лише на 63%. Після пандемії середня вартість акцій зросла у всіх компаній, і якщо до пандемії половина компаній мала від'ємну середню прибутковість, то після неї всі агрохолдинги мали позитивну прибутковість.

Ефект війни був більш помітним. Більшість компаній суттєво втратили в середній прибутковості. Дослідженнями доведено зниження ризиковості інвестування: до війни ризик становив 8,2%, пік був під час шоківого періоду – 11,2% після чого стрімке зниження до 6,6%. Це в котрий раз свідчить, що аграрний сектор є одним з найголовніших секторів України. Результати оцінки ризику в рамках підходу VaR та CVaR також підтвердили різницю приросту ризиковості в різні періоди нестабільності. Для більшості компаній спостерігається незначне зниження середнього обсягу торгів у шоківий період, пов'язаний з пандемією та значне збільшенням у післяшоківий період. Протилежна ситуація прослідковується у період війни – торг акціями значно зменшився: жодна компанія не відновила рівень дошоківого періоду.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оригінальність дослідження полягає в розробці та апробації комплексу підходів, які дозволяють одночасно враховувати різні особливості прояву ризиків, спричинених шоківими періодами різної природи. Практична цінність дослідження полягає у аналізі та порівнянні негативного впливу ризиків шоківих періодів та оцінці інвестиційної привабливості агрохолдингів, що може бути використано для прийняття рішень та прогнозування подальших траєкторій крупного українського агробізнесу. Загалом можемо зробити висновок, що агрохолдинги були майже неуразливими до пандемії і навіть демонстрували приріст, проте війна мала руйнівний ефект абсолютно для всіх компаній. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на прогнозування відновлення інвестиційної привабливості в період повоєнного відродження.

### ПОСИЛАННЯ

[1] Kaminskyi, A., Nehrey, M. and Zomchak, L. (2021), COVID-19: crisis or new opportunities time for the agricultural sector of Ukraine. *Proc. Earth and Environmental Science* 628(1):012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012031>

[2] Klymenko, N., Voronenko, I., Nehrey, M., Rogoza, K., Rogoza, N.(2023). Risk assessment of shock periods and investment attractiveness of agroholdings of Ukraine. *Agricultural and Resource Economics* 9(2):163–182 <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.07>

## Наталія Рогоза

К.е.н., доцент, доцент

НУБіП України, к-ра економічної кібернетики, ф-т інформаційних технологій.

Місто Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0003-0010-219X

*nrogoza@nubip.edu.ua*

## ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ

**Анотація.** Розглянуто як цифрова трансформація може допомогти вирішити проблеми аграрного сектору України стати більш конкурентоспроможним на світовому ринку. Наведено теоретичні та практичні аспекти становлення цифрової трансформації діяльності аграрних підприємств, зокрема ТОВ СП «Нібулон», яке є спільним українсько–угорсько–англійським сільськогосподарським підприємством та розкрито напрями вдосконалення управління підприємством на основі переходу на цифрові технології. Проведено кореляційно-регресійний аналіз виробництва зерна підприємством, яке є провідним експортером зернових в країні, рекомендована модель впливу значимих факторів, які можуть покращити діяльність компанії за цим напрямком. Надані інструменти цифровізації існуючих трьох світових моделей впровадження цифрових технологій, які взаємопов'язані між собою, а рівень їх застосування визначається кількістю та якістю взаємозв'язків з іншими інструментами та механізмами цифрової трансформації всього агропромислового комплексу.

**Ключові слова:** цифровізація; аграрний сектор; цифровий простір.

### ВСТУП

В сучасних умовах, коли розвивається глобальне інформаційне суспільство, створюється новий цифровий економічний уклад. Цифровізація проникає у всі економічні та виробничі процеси. Сьогодні всю діяльність підприємств, ефективне управління ними потрібно організовувати з огляду на перехід на нові принципи цифрової економіки з урахуванням прогнозів діяльності підприємства. Цифрова трансформація - це процес впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей, великі дані та блокчейн, для підвищення ефективності та продуктивності.

**Постановка проблеми.** В Україні аграрний сектор відіграє важливу роль у економіці, адже країна є одним з найбільших експортерів сільськогосподарської продукції у світі. Однак український аграрний сектор стикається з низкою проблем, таких як застарілі технології, низька продуктивність праці та висока залежність від людського фактора. Цифрова трансформація може допомогти вирішити ці проблеми та зробити аграрний сектор України більш конкурентоспроможним на світовому ринку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно визначенню та лінгвістичному походженню термін «цифровізація» (від англ. digitalization) – являє собою переведення інформаційних даних у числову форму [1].

На думку А. Чкан цифровізація є уможливленням, покращенням й трансформацією бізнес-операцій, функцій, моделей та діяльності організацій а також, загалом, є шляхом й методом використання новітніх цифрових технологій, що передбачає широке використання інформації в оцифрованій формі, що перетворена на інтелект й систему практичних знань [2, с. 60].

Більш широкий погляд на цифровізацію передбачає використання цього терміну для позначення процесів, що відбуваються зараз не лише на рівні бізнес-структур, а й суспільства, загалом. Отже, цифрову трансформацію слід розглядати як процес переходу підприємства від застарілих традиційних підходів до використання нових

способів та форм організації діяльності й мислення, використовуючи цифрові, соціальні, мобільні й інші види нових технологій.

**Мета публікації:** розглянути теоретичні та практичні аспекти цифрової трансформації діяльності аграрних підприємств (на прикладі ТОВ СП «Нібулон», яке є спільним українсько-угорсько-англійським сільськогосподарським підприємством) та з'ясувати напрями вдосконалення управління підприємством на основі переходу на цифрові технології.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Застосування сучасних управлінських технологій, побудованих на цифрових моделях організації сільськогосподарських виробництв, стає невід'ємною частиною сучасного аграрного сектору України [3, с. 175].

Аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду показує, що застосування цифрових технологій є одним із важливих факторів, що забезпечують зростання продуктивності праці, ресурсозбереження, стабільності виробництва сільськогосподарської продукції та сировини, зниження втрат продукції у виробничому ланцюжку: виробництво-транспортування-зберігання-реалізація. Цифровізація перетворює сільське господарство на високотехнологічний сектор економіки, де обробляються масиви великих даних, що надходять від численних сенсорів, встановлених у полі, на фермі, сільськогосподарській техніці, від метеостанцій, супутників та інших систем.

Для сільськогосподарських товаровиробників особливий інтерес становлять системи контролю та аналізу даних у режимі реального часу. Система контролю планує виробничі процеси, коригує плани у ході їх виконання, за допомогою підключених датчиків та приладів автоматично реєструє терміни виконання робіт. Практичне застосування розробленої системи показало, що продуктивність може бути збільшена вдвічі, економія матеріальних цінностей до 50 %, а врожайність підвищується на 10–15 % [4, с. 207].

Для реалізації процесів цифрової трансформації існує широкий вибір різних сучасних концепцій в управлінні, які представлені на рис. 1.

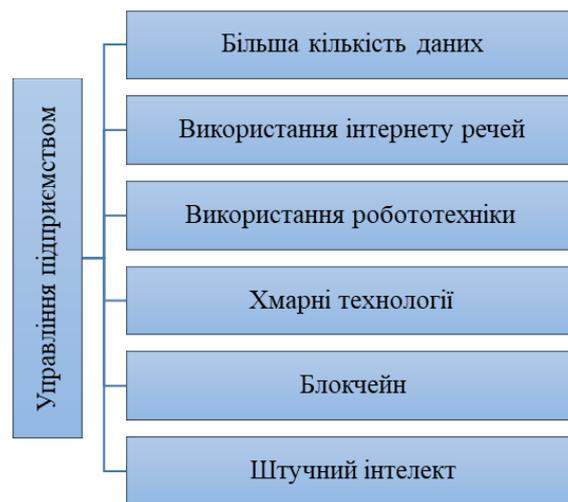


Рисунок 1. Цифровий простір управління підприємством

Компанія ТОВ СП «НІБУЛОН» - це відмінний приклад готовності агропромислового бізнесу здійснювати інвестиції в розвиток цифрового майбутнього, навіть не зважаючи на кризові умови функціонування під час воєнних подій в Україні й значних фінансових та ресурсних втрат бізнесу.

В свій час, проведення детального аналізу можливих варіантів та альтернатив реалізації цифрових рішень в управлінні компанією дозволило обрати ПЗ Microsoft Azure, яке стало оптимальним та охоплювало всі ключові критичні для функціонування компанії бізнес-сервіси. Застосування такого рішення дозволило усунути можливість виникнення значних перебоїв у роботі підприємства. Також з метою резервувати критичні канали зв'язку ТОВ СП «НІБУЛОН» встановило обладнання для підтримки супутникового зв'язку від компанії STARLINK. В 2023 році компанією було прийнято рішення про початок процесу цифрової трансформації бізнесу. ТОВ СП «НІБУЛОН» визнало основним компонентом своєї ІТ-архітектури запровадження нової модернізованої ERP-системи, що буде реалізувати інтегровані рішення, які охоплюватимуть всі ключові процеси в діяльності, системи звітності й обліку даних, й також дозволять ефективно управляти життєвим циклом виконання всіх зобов'язань підприємства й здійснювати кадровий облік в компанії. З першого серпня 2023 року, ТОВ СП «НІБУЛОН» вирішило перейти на модернізовану систему електронного документообігу в частині організації роботи з постачальниками ресурсів.

З 2008 року «НІБУЛОН» бере участь у Всесвітній продовольчій програмі ООН (WFP) і є єдиною українською компанією, акредитованою для цієї ролі. Компанія зробила безпосередній внесок в експорт зернових для боротьби з голодом у Бангладеші, Ефіопії, Кенії, Мавританії та Ємені, зокрема. Нами проведено кореляційно-регресійний аналіз щодо впливу значимих факторів на виробництво зерна підприємством, надана відповідна модель, яка допоможе покращити діяльність компанії за цим напрямком.

## **ВИСНОВКИ**

Під час повномасштабного вторгнення «НІБУЛОН» став надихаючим прикладом стійкості та здатності продовжувати годувати світ разом із партнерами всупереч ризикам війни та втраті 68% активів.

Цифровізація управління в аграрній галузі України дозволить побудувати оптимальну систему виробництва, зберігання, транспортування, переробки та реалізації продукції, регулювати виробничі процеси в оптимальні терміни та з найменшими витратами, використовувати машини, сумісні з інформаційними системами та програмним забезпеченням, що виключає негативний вплив людського фактору на результати виробництва.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Ничипоренко К.В., Александрова М.В. Цифровізація. *Prezentatsiya\_Margarita-szhatyiy.pdf*. URL: [https://ie.org.ua/wpcontent/uploads/2019/02/Prezentatsiya\\_Margarita-szhatyiy.pdf](https://ie.org.ua/wpcontent/uploads/2019/02/Prezentatsiya_Margarita-szhatyiy.pdf)
- [2] Чкан А. С., Кириченко Н. В., Касай П. Г. Діджиталізація бізнеспроцесів як базис забезпечення ефективного менеджменту сучасного підприємства. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. Одеса, 2021. Вип. 3(88). С. 60-66.
- [3] What is Digital Transformation? Agile Elephant. URL: <https://www.theagileelephant.com/what-is-digital-transformation/>
- [4] Устенко М. О. Руських А. О. Діджиталізація: основа конкурентоспроможності підприємства в реаліях цифрової економіки. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків, 2019. № 68. С. 181-192.
- [5] Маніта І.Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346-350.

## Роман Золотуха

Доктор філософії (PhD), старший викладач

Місце роботи: Національний Університет Біоресурсів і Природокористування України, факультет інформаційних технологій, кафедра інформаційних систем і технологій, м. Київ, Україна

ORCID ID 0000-0003-3099-722X

r.zolotukha@nubip.edu.ua

# ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЕПОПУЛЯЦІЇ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ УКРАЇНИ МЕТОДАМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

**Анотація.** Депопуляція населених пунктів є актуальною соціально-економічною проблемою, що протягом десятиліть негативно впливає на розвиток України. Зменшення чисельності населення в сільській місцевості та малих містах призводить до зниження економічної активності, погіршення інфраструктури та втрати культурної спадщини. Історичні фактори, такі як політика "гігантоманії" совєцького режиму та інтенсивна урбанізація, суттєво сприяли демографічній кризі в сільських регіонах України. Сучасні методи машинного навчання надають нові можливості для аналізу та прогнозування демографічних змін, дозволяючи обробляти великі обсяги даних та виявляти складні взаємозв'язки між демографічними, економічними та соціальними факторами. Однак для ефективного застосування цих технологій необхідно розробити інформаційну технологію, яка зможе врахувати широкий спектр питань проблематики депопуляції населених пунктів України та доступні відкриті дані. У даному дослідженні, за допомогою методології функціонального моделювання IDEF0, описано прототип інформаційної системи для оцінки ризику депопуляції населених пунктів України з використанням методів машинного навчання. В методологію роботи з даними в інформаційній технології включені етапи попередньої обробки даних, їх валідація та очищення, кодування категоріальних ознак та балансування класів за допомогою методу SMOTE, класифікаційні алгоритми машинного навчання, зокрема, XGBoost та логістична регресія. Прототип інформаційна технологія складається з трьох базових етапів: вивантаження та обробка даних, класифікація населених пунктів та оцінка ризику депопуляції та формування звітів. Результатом цього дослідження стане функціональна модель прототипу інформаційної технології. Подальші дослідження та інформаційна технологія сприятимуть більш раціональному використанню обмежених фінансових ресурсів України, особливо в умовах кризи, спричиненої повномасштабним вторгненням, та можуть бути використані, як рекомендаційна система, для стратегічного планування розвитку регіонів та оптимізації розподілу обмежених ресурсів.

**Ключові слова:** депопуляція; демографія; машинне навчання; функціональна модель; інформаційна система.

## 1. ВСТУП

Депопуляція населених пунктів завжди була і залишається актуальною соціально-економічною проблемою, яка десятиліттями впливає на розвиток України. Зменшення чисельності населення в сільській місцевості та малих містах призводить до зниження економічної активності в регіонах, погіршенню інфраструктури та втраті культурної спадщини. Сучасні технології машинного навчання здатні покращити процес дослідження та аналізу цього питання, що, на мою думку, має призвести до вирішення іншої сторони проблематики – неефективного використання обмежених фінансових ресурсів України, що є особливо актуальним під час повномасштабного вторгнення.

**Постановка проблеми.** Депопуляція населених пунктів України в сільській місцевості є складним та багатогранним явищем, яке має значний вплив на соціально-економічний розвиток країни. Депопуляція – це процес, тобто відстежити його можна, спостерігаючи протягом певного періоду. [1] Фундаментом для сучасної демографічної

кризи в сільській місцевості України стала політика "гігантоманії" совєцького окупаційного режиму 1960-х – 1-ї пол. 1980-х рр. Поділ сільських населених пунктів на "перспективні" й "неперспективні" розпочався в 2-й пол. 1950-х рр., коли було проведено укрупнення дрібних колгоспів, результатом якого стало виникнення, так званих, неперспективних сіл, котрі перетворювали на колг. бригаду. Такі села позбавляли бюджетних асигнувань на культурно-освітницькі заклади і торговельно-побутові підприємства, там закривалися школи, клуби, будинки культури. [2] Безумовно серед причин урбанізації України є ще ряд інших важливих факторів, серед яких інтенсивна індустріалізація у 20-30-х рр., післявоєнна відбудова народного господарства і т.д. [3] Населення міст і селищ міського типу розглядалося окупаційним режимом як трудовий ресурс, параметри якого повинні узгоджуватись із структурою промислового, воєнного і транспортного комплексу [4][5]. За інерцією такий підхід залишився і в незалежній Україні, тому варто погодитися з тезою, що він призвів до «дегуманізації міського середовища, зниження його інформаційного й культурного потенціалу, варварського ставлення до історичної спадщини»[6]. Незважаючи на поточний рівень урбанізації України, повномасштабне вторгнення та наявність численних досліджень, спрямованих на аналіз причин та наслідків депопуляції, сьогодні існує потреба у розробці ефективних інструментів для прогнозування ризику депопуляції окремих населених пунктів. Сучасні методи машинного навчання, зокрема методи класифікаційні моделі, надають нові можливості для аналізу та прогнозування демографічних змін. Вони дозволяють обробляти великі обсяги даних, виявляти складні нелінійні залежності між факторами та забезпечувати високу точність прогнозів. Проте, для успішної реалізації цих технологій необхідно розробити чітку методологію, яка враховує специфіку українських населених пунктів та використовує доступні відкриті дані.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання депопуляції населення сільських регіонів України досліджували авторитетні дослідники, зокрема Цвігун І.А у праці [7] проводить оцінку демографічної ситуації в сільській місцевості в Україні, визначає основні демографічні загрози, що зумовлюють погіршення розвитку сільських територій та пропонує порогові значення демографічних показників, досягнення яких дозволить покращити демографічну ситуацію в сільській місцевості. Автори Томчук, О.В. Бойченко, В.С. у роботі [8] сформулювали рекомендації щодо чіткої ідентифікації міст з акцентом на типізацію, що є важливим інструментом при виборі моделі управління людським потенціалом території. Закордонні автори, зокрема M. Pilar Alonso, Pilar Gargallo, Luis Lample, Carlos López-Escolano, Jesús A. Miguel, Manuel Salvador у роботі [9] використовують моделювання, для демонстрації, як територіальна ізоляція виступає фундаментальним фактором депопуляції в сільській місцевості. Також Daniel Jato-Espino та Fernando Mayor-Vitoria у роботі [10] розробили методологію моделювання ризику депопуляції сільського населення на основі змінних землекористування та соціально-економічних показників. Авторами було використано класифікаційні моделі для валідації демографічної класифікації депопуляції, що використовується місцевою владою в Іспанії.

**Мета публікації.** Є графічний опис процесів та схематичне представлення інформаційної технології, яка дозволить вирішити проблематику оцінки ризику депопуляції населених пунктів України.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Інформаційна технологія для оцінки ризику депопуляції населених пунктів України методами машинного навчання складається з трьох базових етапів. На

першому етапі відбувається вивантаження актуальних даних та їх попередня обробка та валідація. На другому етапі відбувається застосування класифікаційних моделей машинного навчання для оцінки вірогідності депопуляції населених пунктів та їх класифікація. На третьому етапі формується звіт з результатом роботи інформаційної системи.

Графічний опис процесів, що автоматизуються інформаційною технологією для оцінки ризику депопуляції населених пунктів України, представлено за допомогою методології функціонального моделювання IDEF0 на рисунках 1-2.



Рисунок 1. Інформаційна технологія оцінки ризику депопуляції населених пунктів України (IDEF0)

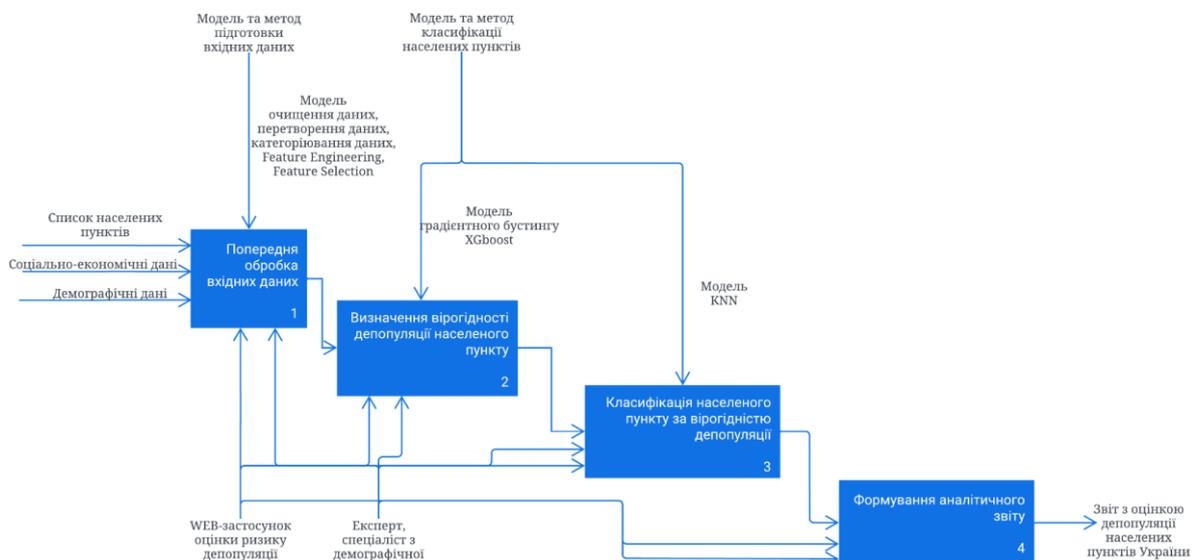


Рисунок 2. Декомпозиція процесу «Оцінка ризику депопуляції населеного пункту» (IDEF0)

За допомогою методології функціонального моделювання IDEF0 було представлено графічний опис процесів, що автоматизуються інформаційною технологією для оцінки ризику депопуляції населених пунктів України. На рисунку 1 графічно представлено основний процес, який вирішуватиме інформаційна система - оцінка ризику депопуляції населеного пункту. На рисунку 2 відображено декомпозицію

цього процесу, який розділено на 4 роцеси: 1) попередню обробку вихідних даних; 2) визначення ймовірності депопуляції населеного пункту; 3) класифікація населеного пункту за вірогідністю депопуляції; 4) формування аналітичного звіту.

Особливістю запропонованого прототипу інформаційної технології полягає в необхідності розробки не тільки самої технології, а і нових підходів до валідації та обробки вхідних демографічних та географічних даних. Також, важливим аспектом моделі є розробка нового методу класифікації населених пунктів за ймовірністю депопуляції. Для вирішення цього завдання в подальшому буде досліджене використання сучасних методів валідації, підготовки, очищення та обробки вхідних даних. Також для інформаційної технології, на основі розробленого методу класифікації, буде проведено валідацію застосування сучасних методів машинного навчання, зокрема таких моделей, як XGBOOST, Random Forest та логістичну регресію. Для валідації моделей буде використано оцінку їх ефективності за допомогою метрик ROC AUC, F1-Score, Precision та Recall. Загалом, я розглядаю дану інформаційна технологія, як основу нової методології та підходу для оцінку ризику депопуляції населених пунктів України на найближчі роки, адже дане питання, як і, майже, століття тому, сьогодні є вкрай актуальним.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У даній роботі було представлено графічний опис процесів, що автоматизуються інформаційною технологією для оцінки ризику депопуляції населених пунктів України, представлено за допомогою методології функціонального моделювання IDEF0. Дана робота є вступом та однією з перших сходинок до великого дослідження цієї проблематики, яка під час широкомасштабного вторгнення в Україну стала ще більше актуальною. Я навмисне почав з опису процесів, які має виконувати прототип інформаційної системи, адже це дасть основу для подальшого дослідження проблематики: 1) валідації факторів, які потрібно включити в модель; 2) дослідженню та впровадженню сучасних методів обробки вхідних демографічних та географічних даних; 3) дослідження найбільш ефективної класифікаційної моделі машинного навчання для вирішення поставленого завдання; 4) розробка та верифікація нового підходу класифікації населених пунктів за вірогідністю депопуляції; 5) подальше проєктування та розробка інформаційної технології; 6) валідація інформаційної системи та отриманих результатів; 7) впровадження та практичне застосування розробленої інформаційної системи та методології класифікації населених пунктів України на її основі.

## ПОСИЛАННЯ

1. І. Мельник, "Депопуляція в Україні: національна специфіка та регіональні особливості", *Часопис соц.-екон. географії*, т. 2, № 13, с. 61–65, 2012.
2. Л. Ковпак, "Неперспективні села", у *Електронна бібліотека | Інститут історії України*. Київ: Наук. думка, 2010, с. 728. Дата звернення: 10 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: [http://www.history.org.ua/?termin=Neperspektyvni\\_sela](http://www.history.org.ua/?termin=Neperspektyvni_sela)
3. Д. Бірюков, "Сучасні проблеми урбанізації в контексті національної безпеки України. Аналітична записка", *Національний інститут стратегічних досліджень*, 20 трав. 2013. [Онлайн]. Доступно: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/suchasni-problemi-urbanizacii-v-konteksti-nacionalnoi-bezpeki>

4. І. Салій, "Урбанізація в Україні: соціальний та управлінський аспекти", у *Електронна бібліотека | Інститут історії України*. Київ: Наук. думка, 2005. с. 302.
5. В. Вечерський, "Спадщина містобудування України. Теорія і практика історико-містобудівних пам'яткоохоронних досліджень населених місць", Київ: НДІТІАМ, 2003. с. 522.
6. В. Литвин, "Економічна історія України. Історико-економічне дослідження в двох томах. Том 2", – Київ: Ніка-Центр, 2011. с. 536.
7. І. Цвігун, "Демографічні загрози розвитку сільських територій в Україні", *Под. вісн.: сіл. госп-во, техніка, економіка*, № 25, с. 171–179, 2016. [Онлайн]. Доступно: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/120346.pdf>
8. О. Томчук та В. Бойченко, "Класифікація міст як інструмент вибору моделі управління людським потенціалом території", *ДЕМОГРАФІЯ, ЕКОНОМІКА ПР., СОЦ. ЕКОНОМІКА І ПОЛІТИКА*, № 11, с. 96–112, 2019. [Онлайн]. Доступно: <https://r.donnu.edu.ua/handle/123456789/1616>
9. M. P. Alonso, P. Gargallo, L. Lample, C. López-Escolano, J. A. Miguel та M. Salvador, "Measuring the relationship between territorial exclusion and depopulation – A municipal classification proposal to guide territorial balance", *Journal of Rural Studies*, т. 111, жовт. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103421>
10. D. Jato-Espino та F. Mayor-Vitoria, "A statistical and machine learning methodology to model rural depopulation risk and explore its attenuation through agricultural land use management", *Applied Geography*, т. 152, с. 102870, берез. 2023. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102870>

### **Інна Костенко**

Доктор філософії за спеціальністю «Економіка», доцент, старший викладач кафедри економічної кібернетики

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет інформаційних технологій, Київ, Україна

ORCID ID 0000-0002-4987-3764

*kostenkois@nubip.edu.ua*

## **АНАЛІЗ РИНКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ POWER BI ТА API ЄДЕБО**

**Анотація.** Дослідження присвячене аналізу ринку вищої освіти України з використанням аналітичних інструментів Power BI. Основну увагу приділено зміні попиту та пропозиції у сфері освіти в період 2016–2024 років, зокрема впливу повномасштабного вторгнення 2022 року на динаміку освітніх даних. Представлено застосування відкритого реєстру ЄДЕБО та можливостей API для систем управління освітою.

**Ключові слова:** Ринок вищої освіти, Power BI, аналітика, попит, пропозиція, освітні програми, вплив війни, динаміка, API ЄДЕБО.

### **1. ВСТУП**

Сфера вищої освіти України останніми роками зазнала суттєвих змін під впливом соціально-економічних викликів, зокрема пандемії COVID-19, цифровізації, а також повномасштабного вторгнення росії в 2022 році. Зміни у попиті на освітні програми, вимушена міграція населення, руйнування інфраструктури та зміщення акценту на дистанційне навчання вплинули на структуру освітнього ринку. Використання інструментів Power BI дозволяє систематизувати великий обсяг даних і виявити ключові тенденції для прийняття стратегічних рішень.

**Постановка проблеми.** Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації ринку освіти до викликів війни. Зокрема, вплив мобільності студентів, зміни кількості закладів освіти в регіонах, трансформація попиту на спеціальності потребують науково обґрунтованих рішень. Основна проблема полягає у недостатності комплексного аналізу динаміки змін у ринку освіти та впровадженні ефективних інструментів моніторингу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні дослідження цифровізації освіти акцентують увагу на використанні новітніх технологій для оптимізації освітнього процесу та управління ЗВО. Зокрема, Гужва В.М. підкреслює роль low-code-технологій у створенні єдиного інформаційного простору для інтеграції даних про діяльність закладів освіти [1], а Клименко Є. та Глазунова О. вказують на ефективність Educational Data Mining для виявлення закономірностей у поведінці студентів і адаптації навчальних програм [2]. Крім того, Білик О.О. досліджує цифрову трансформацію регіональних систем освіти, а Зуб Х.В. пропонує моделі підтримки прийняття рішень вступниками ЗВО.

Використання цифрових платформ для аналітики у сфері освіти, таких як Єдина державна електронна база з питань освіти (ЄДЕБО) та інструменти бізнес-аналітики, зокрема Power BI, відкриває нові можливості для моніторингу та аналізу динаміки освітнього ринку. Проте наукових праць, що детально висвітлюють практичне застосування цих інструментів для аналізу впливу війни на систему освіти, обмаль [5]. Це свідчить про наявність наукової прогалини та обумовлює новизну й актуальність проведеного дослідження, яке спрямоване на заповнення цієї прогалини шляхом

комплексного аналізу ринку вищої освіти із застосуванням сучасних цифрових технологій.

**Мета публікації.** Метою статті є формування інформаційної панелі динаміки змін попиту та пропозиції за ринку вищої освіти 2016–2024 роки та дослідження впливу повномасштабного вторгнення на ринок вищої освіти України із застосуванням Power BI.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Аналіз ринку вищої освіти базується на використанні концептуальних підходів, що включають основні категорії, такі як попит, пропозиція, динаміка змін, а також принципи системного аналізу та цифрової трансформації. У рамках дослідження враховано ключові поняття: попит, що визначається як кількість здобувачів освіти, що вступають до закладів вищої освіти на різні освітні програми, пропозиція, яка охоплює доступні освітні програми, кількість закладів освіти та їхню регіональну доступність, а також динаміка змін, що відображає зміни в кількості здобувачів і програм протягом 2016–2024 років із врахуванням соціально-економічних факторів. Використання Power BI дозволяє автоматизувати процес збору та обробки даних. Основні принципи дослідження включають: принцип достовірності, що забезпечується через використання даних ЄДЕБО, принцип адаптивності, що враховує зміну умов, зокрема вплив війни, а також принцип інтеграції цифрових інструментів для ефективного аналізу.

## 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження базувалося на аналізі даних ЄДЕБО за 2016–2024 роки, систематизованих за категоріями: кількість здобувачів, закладів, форма власності та освітні програми. Для аналізу динаміки використовувалися інструменти Power BI, API ЄДЕБО, описова статистика, кореляційний і регресійний аналіз. Експериментальна база включала заклади вищої освіти різних форм власності, а оцінювання проводилося за критеріями достовірності даних і значущості результатів. Дослідження реалізовано в межах програми цифрової трансформації освіти, що дозволило оцінити вплив війни та сформулювати рекомендації з оптимізації ринку освітніх послуг.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для дослідження було використано дані щодо обсягу здобувачів в розрізі окремих закладів освіти та їх підпорядкування, освітнього рівня, бази вступу, спеціальності, форми фінансування станом на 1 жовтня з 2016 по 2024 роки, вибірка включала понад 299 тис. записів. Також взято дані про зареєстровані заклади освіти та їх характеристики. Використано дані з відкритих реєстрів. Єдина державна електронна база з питань освіти (ЄДЕБО) є одним із таких важливих реєстрів, що надає інформацію про заклади освіти, учнів та студентів, а також інші показники, пов'язані з функціонуванням системи освіти. Цей реєстр є основою для прийняття управлінських рішень, розробки освітньої політики, проведення аналітики та забезпечення ефективності роботи навчальних закладів. Автоматизація процесів обробки даних є ключовою умовою для ефективного управління освітою.

Для автоматизації процесу збору та оновлення інформації використано параметризований запит та API (рис.1). Питання застосування API для аналітики освітньої системи є новим, і потребує досліджень і практичних рекомендацій, проте існуюча документація ЄДЕБО робить даний процес доступним. дані про контингент

студентів є критично важливими для ефективного управління як на стратегічному, так і на операційному рівнях керівництва ЗВО. За результатами збору інформації налаштовано панель моніторингу освітніх даних з можливістю автоматичного оновлення (рис.2).

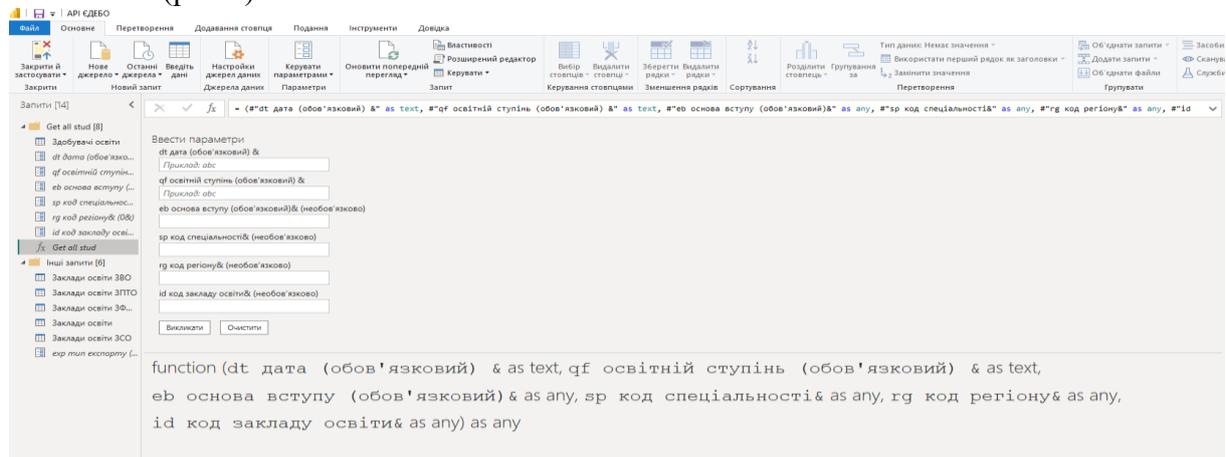


Рисунок 1. Параметри API ЄДЕБО

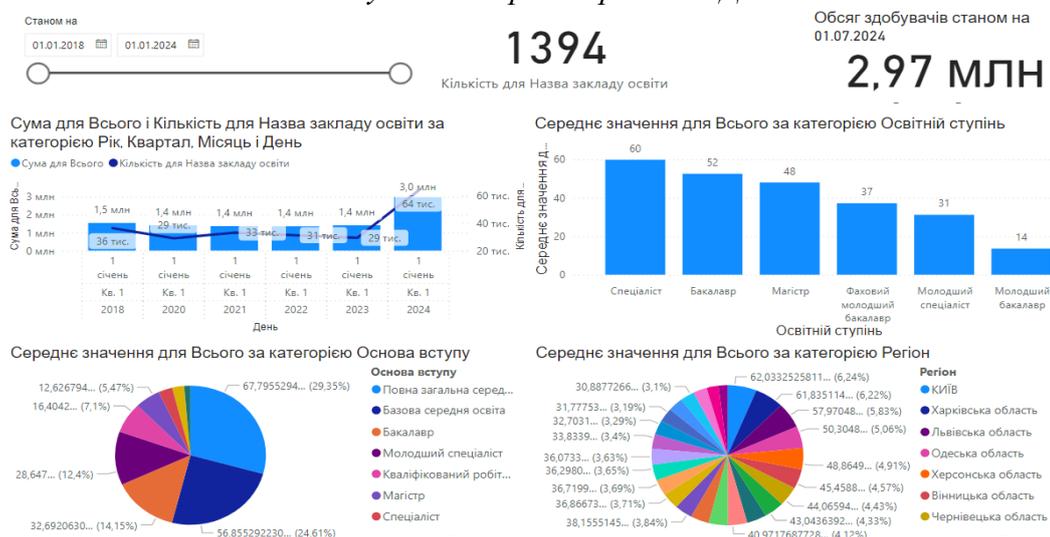


Рисунок 2. Фрагмент панелі моніторингу ринку вищої та передвищої освіти

У 2016 році кількість здобувачів у державних закладах вищої освіти становила 942,837 осіб, однак до 2022 року цей показник зменшився до 909,436 осіб (-3,5%). Основними факторами зниження стали міграція населення, викликана війною, та скорочення контингенту здобувачів у східних регіонах країни. Водночас приватні заклади демонстрували поступове відновлення після значного спаду у 2020 році (101,239 осіб). Станом на 2023 рік кількість здобувачів у приватних закладах зросла до 119,313 осіб, що відображає приріст на 17,8%. Це може вказувати про адаптивність приватного сектору до викликів часу та зміни в структурі попиту на освітні послуги. Кількість державних закладів освіти зросла з 204 у 2016 році до 214 у 2022 році, що обумовлено перенесенням чи інтеграцією закладів із зон активних бойових дій до більш безпечних регіонів. Така динаміка відображає прагнення держави забезпечити стабільність освітньої інфраструктури навіть у складних умовах війни. Натомість приватні заклади виявили нестабільну динаміку: кількість закладів зросла до 166 у 2021 році, але згодом знизилася до 159 у 2024 році. Це може бути пов'язано із економічною нестабільністю та викликами у підтримці діяльності таких установ у кризовий період (рис.3).

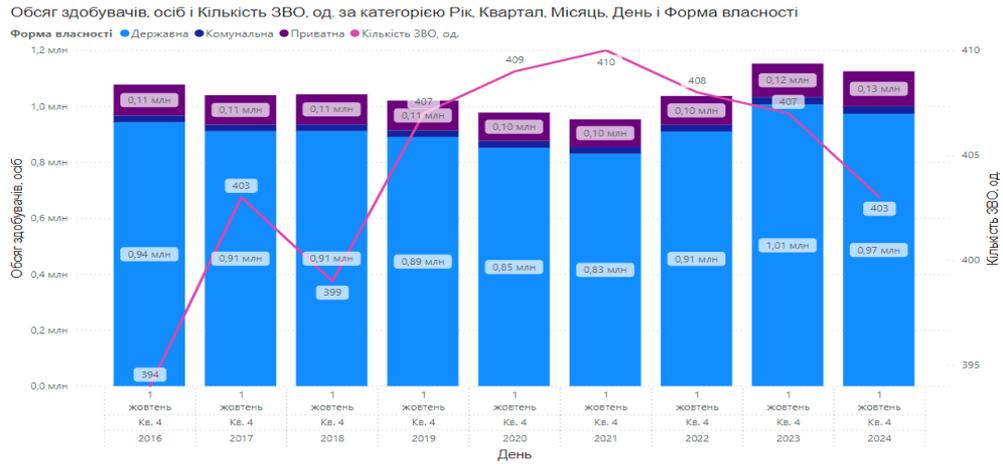


Рисунок 3. Динаміка обсягу здобувачів та закладів для ринку вищої освіти

Повномасштабна війна значно змінила структуру попиту на освітні послуги. Спостерігається зростання інтересу до дистанційних форм навчання, особливо у галузях ІТ та економіки, тоді як попит на педагогічні спеціальності у 2022 році знизився на 8%. Водночас відбулося переорієнтування студентів із східних регіонів до центральних і західних областей. Інструменти Power BI забезпечили інтерактивну візуалізацію цих змін, зокрема динаміки контингенту здобувачів за роками, кореляції між кількістю закладів і здобувачів ( $R^2=0.87$ ), а також прогнозування обсягів здобувачів на 2025 рік із використанням регресійної моделі. Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення для подальшого розвитку ринку освіти.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз ринку освіти показав суттєві зміни у попиті та пропозиції внаслідок впливу війни. Використання Power BI спрощує моніторинг і прогнозування змін у ринку освіти, що є важливим для адаптації освітньої системи до нових умов. Подальші дослідження будуть зосереджені на інтеграції регіональних даних та оцінці впливу освітніх реформ.

## ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)

1. Гужва В. М. Управлінська аналітика в академічних установах на основі low-code-технологій // Реформа освіти в Україні. Інформаційно-аналітичне забезпечення : зб. тез доп. III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 28 жовтня 2021 р. [Електронне видання]. – Київ : ДНУ "Інститут освітньої аналітики", 2021. – С. 83–88. [Online]. Available: [https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/theses\\_2021.pdf#page=83](https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/theses_2021.pdf#page=83)
2. Клименко Є., Глазунова О. Методи інтелектуального аналізу освітніх даних у системах електронного навчання // Інформаційні технології та суспільство. – 2024. – Вип. 2 (13). – С. 94–105. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2024.2.5>.
3. Power BI API Documentation, Microsoft, 2023.
4. СДЕБО. Реєстр закладів освіти. [Online]. Available: <https://registry.edbo.gov.ua>.

**Марина Негрей**

Кандидат економічних наук, доцент, науковий керівник, Швейцарський федеральний технологічний інститут; Національний університет біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID 0000-0001-9243-1534  
*marina.nehrey@nubip.edu.ua*

**Сергій Костенко**

Здобувач наукового ступеня «Доктор філософії» за спеціальністю «Економіка», викладач  
Місце роботи: ВСП «Ірпінський фаховий коледж НУБіП України», Ірпінь, Україна  
ORCID ID 0000-0002-8196-4981  
*kostenkos132@gmail.com*

## ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ

**Анотація.** Дослідження присвячене економічній оцінці впливу інтернет-технологій на аграрний сектор економіки. Основна увага приділена аналізу ефективності застосування таких інструментів, як електронна комерція, інтернет-маркетинг, аналітика великих даних тощо. У роботі розглянуто приклади використання інтернет-технологій в агробізнесі, систематизовано економічні показники, що можуть бути використані для розрахунку, проаналізовано перспективи впровадження цих інструментів в умовах сучасних викликів.

**Ключові слова:** аграрний сектор, інтернет-технології, економічна ефективність, інтернет-маркетинг, електронна комерція, автоматизація.

### 1. ВСТУП

Аграрний сектор економіки в умовах цифровізації та глобальних економічних змін зазнає трансформації, яка зумовлює необхідність адаптації до сучасних умов. Використання інтернет-технологій, таких як електронна комерція, Big Data, аналітика IoT, дозволяє суттєво оптимізувати витрати та підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва. Зростання значення інтернет-маркетингу забезпечує вихід агрокомпаній на нові ринки, поліпшує взаємодію з клієнтами та сприяє сталому розвитку галузі. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки інноваційних підходів до оптимізації діяльності аграрних підприємств за рахунок інтернет-технологій.

**Постановка проблеми.** Впровадження цифрових технологій у аграрний сектор вимагає детального аналізу їх ефективності та впливу на економічні показники підприємств. Основна проблема полягає у відсутності систематизованих даних щодо застосування інтернет-технологій для оптимізації виробничих і маркетингових процесів у сільському господарстві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні дослідження демонструють зростаючий інтерес до цифровізації аграрного сектору, зокрема, до інтернет-маркетингу та використання цифрових платформ для підвищення ефективності підприємств. М. Негрей та співавтори [1,2] дослідили стан аграрного сектору України до війни, підкресливши, що значні проблеми, такі як недостатня стандартизація продукції та слабка логістична інфраструктура, ускладнюють розвиток галузі. Автори також відзначають позитивний вплив урядових ініціатив у період війни, зокрема спрощення регуляцій та податкових пільг, що сприяли виживанню сектору. Перспективи цифровізації розглядаються як ключовий напрям подолання викликів через автоматизацію процесів і покращення комунікації між учасниками ринку.

Значну увагу приділено інструментам інтернет-маркетингу, які, за результатами дослідження Н. Резнік та О. Луція [5], сприяють підвищенню конкурентоспроможності аграрних підприємств. Використання вебсайтів, соціальних медіа та електронної комерції дозволяє компаніям збільшувати продажі, залучати нових клієнтів і зміцнювати бренд. Окремо акцентується на необхідності розробки персоналізованих маркетингових стратегій, що враховують специфіку аграрного ринку. У статті наголошується на потребі в додаткових дослідженнях, спрямованих на порівняння ефективності різних інструментів інтернет-маркетингу та їх впливу на різних сегментах ринку.

Цифрова трансформація аграрного сектору, як зазначає Фінгер, має величезний потенціал для вирішення таких проблем, як низька продуктивність і непрозорість ринку. Проте науковець зауважує, що впровадження цифрових рішень залежить від рівня доступу до інфраструктури, цифрової грамотності фермерів та інтеграції між зацікавленими сторонами. Дослідження пропонує посилити підтримку інновацій з боку уряду та стимулювати співпрацю між фермерами та технологічними компаніями.

Поряд з тим подальшого дослідження потребують: порівняння ефективності інструментів інтернет-маркетингу, таких як SEO, SMM, вебаналітика, в аграрному секторі, вивчення впливу державних ініціатив на процес цифровізації та підтримку аграрного бізнесу, розробка інтегрованих платформ для управління всіма етапами ланцюга постачання, аналіз впливу цифровізації на сталий розвиток і екологічну ефективність аграрного виробництва.

**Мета публікації.** Метою роботи є дослідження економічних аспектів застосування інтернет-технологій в аграрному секторі економіки України для підвищення його ефективності, прибутковості та конкурентоспроможності. Зокрема, представити актуальність таких інструментів, як електронна комерція, інтернет-маркетинг, аналітика великих даних та CRM-системи, на зниження витрат, підвищення продуктивності та розширення ринкових можливостей аграрних підприємств. Особлива увага приділяється систематизації економічних показників при застосуванні інтернет-технологій для аграрного сектору економіки.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Впровадження інтернет-технологій в аграрному секторі спрямоване на досягнення оптимізації витрат через автоматизацію логістики, зниження ролі посередників і використання електронних майданчиків; підвищення прибутковості завдяки інтернет-маркетингу, SEO, SMM та розширенню експортних можливостей; покращення управління через інтерактивні дашборди та аналітичні інструменти; економію часу за допомогою автоматизації замовлень, звітності та планування; економію ресурсів завдяки електронному документообігу та зменшенню витрат на рекламу й персонал; автоматизацію процесів із використанням CRM-систем; розширення каналів збуту через платформи електронної комерції; підвищення точності прогнозів на основі великих даних; оптимізацію логістики для зменшення часу доставки та контролю ланцюгів постачання. Усе це сприяє підвищенню економічної ефективності та конкурентоспроможності аграрного сектору. Дослідження акцентується на аналізі використання електронних майданчиків та інтернет-ресурсів компаній як інструментів інтернет-маркетингу.

### 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні використано описову статистику, аналіз кейсів для оцінки впливу інтернет-технологій на фінансові показники аграрних підприємств. Інструменти Google Analytics, відкриті сервіси SimilarWeb, MOZ, а також Power BI та надбудови для налаштування API для збору, обробки даних дозволяють моніторити поведінку споживачів в інтернеті і оптимізувати маркетингові кампанії.

### 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для дослідження економічних аспектів використання інтернет-технологій для аграрного сектору економіки було використано дані Опендатаботу, який зберігає дані з відкритих реєстрів. Використовуючи КВЕД та API Power BI, було зібрано інформацію про компанії, що здійснюють діяльність в сфері аграрного сектору. Загальна статистика вказує, що станом на листопад 2024 року в Секції А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство представлено 9996 компаній за різними формами власності. 3174 компанії здійснюють діяльність за КВЕД Клас 46.21 Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин. Секція А (01) включає використання рослинних і тваринних природних ресурсів, у т. ч. діяльність з вирощування сільськогосподарських культур, вирощування та розведення сільськогосподарських тварин, одержування лісоматеріалів, лісових та інших рослин, тварин і продукції тваринного походження на фермах або в природному середовищі. Клас КВЕД 46.21 «Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин» є ідеальним для компаній, що здійснюють дистрибуцію сільськогосподарської продукції у великих обсягах та працюють у сфері агропромисловості [3]. Пандемія COVID-19 та воєнний стан суттєво вплинули на функціонування агропромислового комплексу України, зокрема на експорт продукції, який до війни забезпечував близько 40–50% загального експорту країни та був ключовим джерелом валютних надходжень. У 2021 році дохід від експорту аграрної продукції та харчових продуктів щомісяця становив \$2,3–2,84 млрд, з яких \$1,3–1,62 млрд припадало на продукти рослинного походження. Однак після 24 лютого 2022 року експортні надходження суттєво скоротилися: експорт аграрної продукції та харчових продуктів зменшився у 3,84 раза (з \$2,84 млрд до \$0,74 млрд на місяць), а продуктів рослинного походження — у 4,63 раза (з \$1,62 млрд до \$0,35 млрд) [1-4]. Основними проблемами залишаються складнощі зі збутом продукції, недостатній розвиток логістики, а також відсутність гуртових закупівельників для дрібних фермерських господарств. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, включаючи розробку сучасних інтернет-ресурсів для аграрних компаній, оптимізацію логістичних ланцюгів та впровадження стандартів якості продукції.

В умовах високої конкуренції на агроринку перехід до використання інтернет-технологій стає критично важливим. Застосування власного вебсайту дозволяє компаніям розширювати географію клієнтів, інтегруватися в глобальні ринки та підвищувати впізнаваність бренду. Основними функціями таких сайтів є представлення товарів, можливість оформлення замовлень, інтеграція з рекламними кампаніями та аналітика взаємодії з клієнтами. Крім того, представлення на електронних торговельних платформах, таких як Prom.ua чи SPILCA, забезпечує доступ до нових каналів збуту, знижує витрати на рекламу та дозволяє оперативно реагувати на зміну попиту.

Спектр інтернет-технологій, які необхідні для розвитку агробізнесу, включає SEO-оптимізацію, контекстну рекламу, CRM-системи, аналітичні інструменти та

інтерактивні інтернет-магазини. Застосування електронних платформ збільшує обсяги продажів та забезпечує об'єктивну аналітику ринку. У таблиці 1 представлено ключові інтернет-технології та їх вплив на ефективність аграрного бізнесу.

**Таблиця 1. Ключові інтернет-технології для аграрного бізнесу**

Інтернет-технологія	Призначення	Очікуваний ефект
Власний вебсайт	Представлення продукції, онлайн-замовлення, інтеграція з маркетингом	Збільшення продажів, формування бренду
Електронні платформи	Залучення нових клієнтів через інтерактивні торговельні майданчики	Розширення ринків збуту, зниження витрат на посередників
SEO-оптимізація	Покращення видимості у пошукових системах	Підвищення органічного трафіку
Контекстна реклама	Таргетована реклама на релевантну аудиторію	Залучення клієнтів, підвищення конверсії
CRM-системи	Управління клієнтською базою, обробка замовлень	Покращення взаємодії з клієнтами
Аналітичні платформи	Збір даних про клієнтів, аналіз поведінки та ефективності реклами	Оптимізація стратегії продажів

Впровадження інтернет-технологій в аграрному секторі забезпечує значне підвищення ефективності бізнесу, скорочення витрат та відкриття нових можливостей для виходу на міжнародні ринки. Застосування інтернет-технологій демонструє такі результати. Варто зазначити, що особливо гострим стоїть питання збору даних за даною тематикою, поряд з тим часткові дані демонструють актуальність питання. Компанія "Нібулон" збільшила онлайн-продажі на 30% після впровадження SEO та контент-маркетингу. John Deere повідомляє про зростання продажів на 25% завдяки кампаніям з відеомаркетингу [4]. В процесі дослідження систематизовано економічні показники, що відображають ефективність застосування інтернет-технологій для аграрного сектору економіки (табл.2).

**Таблиця 2. Основні показники ефективності застосування інтернет-технологій в аграрному секторі**

Показник	Формула	Зміст
Загальноприйняті економічні показники		
Рентабельність інвестицій ROI (Return on Investment)	$ROI = (\text{Чистий прибуток} / \text{Витрати}) \times 100$	Оцінює віддачу від витрат на інтернет-маркетингові кампанії, наприклад, електронні платформи.
CAC (Customer Acquisition Cost)	$CAC = \text{Загальні витрати на маркетинг} / \text{Кількість нових клієнтів}$	Визначає вартість залучення одного клієнта через електронні майданчики чи інтернет-ресурси.
Рентабельність продажів (ROS)	$ROS = (\text{Чистий прибуток} / \text{Дохід від продажів}) \times 100$	Показує прибутковість продажів, здійснених через інтернет-майданчики.
Частка інтернет-продажів	$\text{Частка інтернет-продажів} = (\text{Обсяг продажів через інтернет} / \text{Загальний обсяг продажів}) \times 100$	Визначає частку продажів, здійснених через електронні канали, від загального обсягу продажів.
Економія ресурсів (S)	$S = \text{Ресурси без технологій} - \text{Ресурси із технологіями}$	Показує, наскільки зменшилися витрати ресурсів, наприклад, економію часу завдяки автоматизації процесів, наприклад, планування поставок або обробки замовлень.

Зростання продажів(GS)	$GS = \frac{\text{Продажі після технологій} - \text{Продажі до технологій}}{\text{Продажі до технологій}} \times 100$	Відображає приріст продажів після впровадження інтернет-маркетингу чи електронних платформ збуту.
Вузькоспеціалізовані показники для інтернет-технологій		
CR (Conversion Rate)	$CR = \frac{\text{Кількість дій (покупок)}}{\text{Кількість відвідувачів сайту}} \times 100$	Відображає ефективність інтернет-ресурсу в перетворенні відвідувачів на покупців.
CTR (Click-Through Rate)	$CTR = \frac{\text{Кількість кліків}}{\text{Кількість показів}} \times 100$	Оцінює ефективність реклами на електронних майданчиках і в інтернет-ресурсах.
Показник відмов (Bounce Rate)	$\text{Bounce Rate} = \frac{\text{Кількість відвідувачів, які покинули сайт після перегляду однієї сторінки}}{\text{Загальна кількість відвідувачів}} \times 100$	Визначає якість контенту та відповідність сайту очікуванням відвідувачів.
Частка інтернет-продажів	$\text{Частка інтернет-продажів} = \frac{\text{Обсяг продажів через інтернет}}{\text{Загальний обсяг продажів}} \times 100$	Визначає частку продажів, здійснених через електронні канали, від загального обсягу продажів.
Відвідуваність сайту (загальний трафік, V)	$V = \sum \text{Кількість унікальних відвідувачів на добу}$	Кількість унікальних користувачів, які відвідують сайт компанії протягом визначеного періоду.
Середній час перебування на сайті (AvgT)	$\text{AvgT} = \frac{\text{загальний час усіх сесій (сума тривалості всіх відвідувань сайту)}}{\text{загальна кількість сесій (відвідувань сайту)}}$	Оцінює залученість користувачів до контенту інтернет-ресурсу компанії.
Кількість повернень користувачів	$\text{Повернення} = \frac{\text{Кількість повторних відвідувачів}}{\text{Загальна кількість відвідувачів}} \times 100$	Оцінює лояльність клієнтів до електронного ресурсу компанії.

Систематизовані показники ефективності впровадження інтернет-технологій в аграрному секторі демонструють потенціал для оптимізації витрат, підвищення прибутковості та покращення управлінських процесів. В таблиці 3 наведено усереднені показники за жовтень 2024 року для ТОП агрохолдингів України, де кількість відвідувачів та обсяг переглянутих сторінок вказують на зростаючу роль інтернет-технологій. Рівень органічного трафіку вказує на інтерес з боку звичайних користувачів Інтернет (рис.1).

**Таблиця 3. Показники використання інтернет-технологій на прикладі корпоративних сайтів для ТОП 3 Агрохолдингів за даними SimilarWeb**

Engagement			
Metric	mhp.com.ua	nibulon.com	kernel.ua
Monthly visits	101,949	50,910	62,517
Monthly unique visitors	N/A	N/A	N/A
Visits / Unique visitors	N/A	N/A	N/A
Visit duration	00:08:27	00:04:37	00:02:11
Pages per visit	20.29	5.10	3.90
Bounce rate	32.45%	41.17%	34.7%
Page Views	2.068M	259,648	243,647

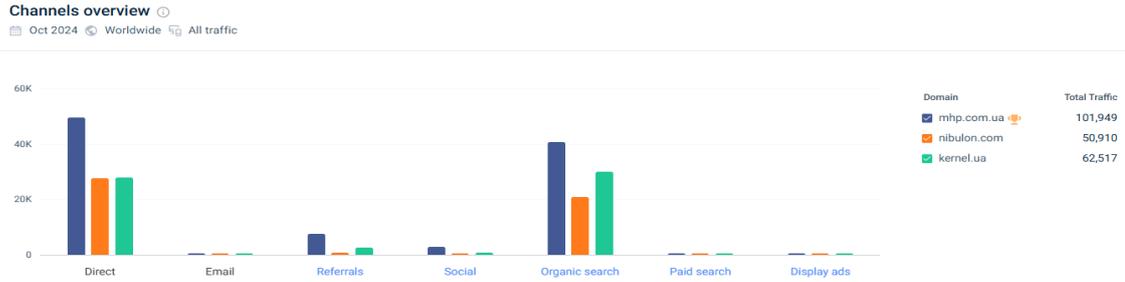


Рисунок 1. Джерела трафіку для корпоративних сайтів для ТОП 3 Агрохолдингів за даними SimilarWeb

Використання інструментів, таких як CRM-системи, SEO, контекстна реклама та аналітика великих даних, сприяє зниженню витрат на логістику, маркетинг і персонал, водночас дозволяючи агропідприємствам ефективніше планувати діяльність і оперативно реагувати на зміни ринку. Електронні платформи розширюють канали збуту, забезпечуючи доступ до глобальних ринків і скорочуючи залежність від посередників. Завдяки автоматизації процесів та інтерактивним інструментам управління бізнес може економити час і ресурси, одночасно підвищуючи точність прогнозів та прозорість логістичних операцій. Таким чином, комплексне впровадження інтернет-технологій формує основу для конкурентоспроможності та сталого розвитку аграрного сектору.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Інтернет-технології є важливим інструментом для підвищення економічної ефективності аграрного сектору. Впровадження цифрових рішень сприяє оптимізації витрат, підвищенню продуктивності та розширенню ринкових можливостей аграрних підприємств. Подальші дослідження будуть зосереджені на інтеграції аналітичних систем і розробці рекомендацій для малих фермерських господарств.

## ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)

1. Негрей М.В. Цифрова трансформація аграрного сектору: перспективи, виклики та рішення. Наукові записки НаУКМА. Економічні науки. 2023. № 8(1). С. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2023.8.1.94-100>
2. Негрей, М., Тараненко, А., & Костенко, І. (2022). АГРАРНИЙ СЕКТОР УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ. *Економіка та суспільство*, (40). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38>
3. Оpendatabot. [Online]. Available: <https://opendatabot.ua/c/kved/G/46.21?offset=3168>
4. Продажі та дистрибуція сільськогосподарської продукції: 5 можливостей сайту вашої компанії. [Online]. Available: <https://agromarketing.com.ua/blog/prodazhi-ta-dystrybutsiia-ahroproduktii-v-interneti-dlia-pidvyshchennia-prybutkovosti-agro-marketing.html>
5. Резнік Н.П., Луцій О. "Аналіз ефективності застосування інструментів інтернет-маркетингу в маркетингову діяльність підприємств аграрного сектору". *Економіка та суспільство*, 2024.

**Катерина Наконечна**

К.е.н., доцент кафедри економічної кібернетики  
НУБіП України (факультет інформаційних технологій), місто, Країна  
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1537-7201>  
[Nakonechna@nubip.edu.ua](mailto:Nakonechna@nubip.edu.ua)

**Борис Дворник**

Студент 3 курсу факультету інформаційних технологій, спеціальність 051 Економіка  
НУБіП України, місто, Країна  
[ek22-b.dvornyk@nubip.edu.ua](mailto:ek22-b.dvornyk@nubip.edu.ua)

## ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВОГО МАРКЕТИНГУ ТА РЕКЛАМИ

**Анотація.** Сучасний маркетинг та реклама неможливі без використання економетричних методів. Швидкий розвиток технологій, особливо в області інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), призвів до появи нових інструментів та методів збору та аналізу даних про поведінку споживачів. Це, в свою чергу, відкриває нові можливості для оптимізації маркетингових кампаній та підвищення їх ефективності. Маркетингові технології, такі як інтернет-маркетинг, аналіз даних, соціальні медіа, стали невід'ємною частиною успішного бізнесу. Вони дозволяють не тільки збирати та аналізувати дані, але й застосовувати економетричні моделі для покращення стратегій маркетингу, привертання нових клієнтів та збереження існуючих. В статті здійснено економетричний аналіз ринку реклами в Україні, досліджено частку ВВП від реклами в Україні, здійснено прогноз майбутніх тенденцій розвитку ринку реклами в Україні, визначено ключові фактори, що впливають на частку ВВП від реклами в Україні.

**Ключові слова:** цифровий маркетинг, реклама, економетричне моделювання.

Сучасний маркетинг та реклама неможливі без використання економетричних методів. Швидкий розвиток технологій, особливо в області інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), призвів до появи нових інструментів та методів збору та аналізу даних про поведінку споживачів. Це, в свою чергу, відкриває нові можливості для оптимізації маркетингових кампаній та підвищення їх ефективності.

Маркетингові технології, такі як інтернет-маркетинг, аналіз даних, соціальні медіа, стали невід'ємною частиною успішного бізнесу. Вони дозволяють не тільки збирати та аналізувати дані, але й застосовувати економетричні моделі для покращення стратегій маркетингу, привертання нових клієнтів та збереження існуючих.

**Постановка проблеми.** Постає необхідність застосування економетричних методів для вимірювання ефективності рекламних кампаній, оптимізації маркетингових витрат та підвищення ROI. Також буде досліджено вплив цифрових маркетингових технологій на споживчу поведінку та прийняття рішень.

Дослідження має важливе практичне значення, оскільки дозволить підприємствам використовувати економетричні інструменти для досягнення маркетингових цілей і підвищення конкурентоспроможності в умовах цифрової економіки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням реклами як економічної категорії займалися такі відомі світові вчені та рекламисти: Б. Бернбах [1], Б. Гарфілд [3], Д. Огілві [2], та ін. Проте дослідження залежностей у сфері цифрового маркетингу з використанням економетричного моделювання проводилось на недостатньому рівні.

**Мета публікації.** Метою статті є проведення комплексного дослідження ринку реклами в Україні, його структури, динаміки розвитку та впливу на економіку країни.

Завдяки економетричному аналізу та прогнозуванню тенденцій розвитку ринку, планується визначити ключові фактори, що впливають на частку ВВП від реклами, та розробити рекомендації щодо її збільшення. В основі маркетингових технологій лежить ідея повної керованості маркетинговим процесом, його проектування і можливість аналізу шляхом поетапного відтворення. Інтернет-маркетинг як таргетивного й інтерактивного маркетингу товарів і послуг, що використовує цифрові технології для залучення потенційних клієнтів і утримання їх як споживачів. Визначено основні маркетингові процеси, які реалізуються за допомогою технологій Інтернет-маркетингу, до яких належать маркетингові дослідження в Інтернеті, маркетингові комунікації в Інтернеті та просування і збут продукції через Інтернет. Виставки та ярмарки були першим етапом в розвитку маркетингу, тривав він до середини 20-го століття, вони в свою чергу були основними майданчиками для продажу товарів та послуг на той час. Учасники виставкового бізнесу залучалися до участі шляхом публічного оголошення, іноді через релігійні та культурні заходи. З часом реклама з'явилась у громадському транспорті та рекламних щитах. Паралельно з розвитком реклами виникли й рекламні щитах. Паралельно з розвитком реклами виникли і перші приклади масового виробництва та маркетингу. У 1930-х роках з'явилися перші конференції з маркетингу та професійні асоціації, такі як American Marketing Association (важливий ресурс, що надає відповідну маркетингову інформацію, до якої щодня звертаються досвідчені маркетологи), розпочали свою діяльність. Це сприяло формуванню маркетингу як науки [1]. У 50-х та 60-х роках стали важливими концепції "4P маркетингу" (Product – товар: Price – вартість: Place – місце: Promotion - реклама), які зробили акцент на споживачів і їхні потреби. Ця орієнтація на споживача стала основою сучасного маркетингу. Під час 70-90-х років психологія активно використовувалась маркетологами для більшого впливу на кінцевих споживачів, створивши такі методи як фокус-групи та інтерв'ю за допомогою яких стало легше та краще розуміти бажання та потреби клієнтів. З'явився також прямий маркетинг, він базувався на персоналізації до кожного споживача окремо. П'ятий, останній етап у розвитку маркетингових технологій який розпочався ще у 2000-х роках і триває до сьогодні, використовує цифрові технології для маркетингових цілей такі як: SEO – оптимізація сайту у пошукових системах; SMM – соціальний медіа маркетинг; SMO – оптимізація для соціальних мереж; RTB – торги в реальному часі; SEM – маркетинг в пошукових системах; E-mail-маркетинг: Реклама через електронну пошту. Big Data: Аналіз великих даних для прийняття рішень в бізнесі. Головним проривом останніх років став штучний інтелект, за допомогою якого великі корпорації автоматизують проекти, що робить бізнес ефективніше шляхом економії часу. Також допустимість помилок в маркетингових процесах знижується до нуля, оскільки ШІ має набагато більшу точність ніж людина [3]. Сучасні методології розглядають декілька ключових методологічних аспектів формування маркетингової технології. Зокрема, розглянуті показники рентабельності інвестицій (ROI), довічна цінність клієнта (LTV), ціна за клік (CPC) та вартість за клік (CPL). ROI визначає ефективність інвестицій, LTV дозволяє прогнозувати чистий прибуток від клієнта, CPC вимірює вартість кліка на рекламу, а CPL вказує на витрати за кожен потенційний клієнт. Ці показники допомагають компаніям оцінювати та оптимізувати ефективність своїх маркетингових стратегій, забезпечуючи більш точне управління ресурсами та бюджетом. Лінійна регресія є одним з найпопулярніших методів економетричного аналізу, який використовується для визначення зв'язку між залежною змінною та однією або декількома незалежними змінними. Ось декілька прикладів, як лінійна регресія може бути застосована у сфері цифрового маркетингу: Прогнозування продажів є ключовим елементом у стратегічному плануванні цифрового маркетингу. Це не тільки дозволяє компаніям

визначити потенційні доходи та оцінити ефективність рекламних кампаній, але й допомагає управлінню ресурсами та оптимізації бюджетів. Ось докладніше про процес прогнозування продажів: Збір даних та аналіз минулих трендів: Першим кроком є збір історичних даних про продажі. Це можуть бути дані про щоденні, щотижневі, місячні або річні продажі. Аналізуючи ці дані, можна виявити патерни та тренди, які впливають на продажі, такі як сезонність, економічні цикли, або зміни в споживацьких перевагах. Використання статистичних методів: Для прогнозування продажів можна застосувати різноманітні статистичні методи, включаючи лінійну регресію, часові ряди, а також більш складні моделі, як-от ARIMA (авторегресійні інтегровані моделі ковзного середнього). Ці методи дозволяють врахувати не тільки прямий вплив маркетингових зусиль на продажі, але й інші фактори, які можуть впливати на попит [4]. Розробка прогнозних моделей: На основі зібраних даних та вибраних методів розробляються прогнозні моделі. Ці моделі можуть бути простими (однофакторними) або багатфакторними, де враховуються різні незалежні змінні, такі як витрати на рекламу, кількість кліків, веб-трафік, тощо.

Перевірка та валідація моделі: Перед тим, як використовувати модель для прогнозування майбутніх продажів, важливо перевірити її точність та валідність. Це можна зробити, порівнюючи прогнози моделі з реальними даними за попередні періоди.

Адаптація та коригування стратегії: Прогнозування продажів не є одноразовим завданням. Воно вимагає постійної адаптації та коригування відповідно до змін у ринкових умовах, споживацьких перевагах та ефективності маркетингових кампаній.

Використання прогнозів для прийняття рішень: Остаточною метою прогнозування продажів є допомога у прийнятті обґрунтованих бізнес-рішень. Це може включати планування бюджетів, оптимізацію рекламних кампаній, управління запасами, та інші аспекти бізнесу. Аналіз часових рядів досліджує дані, що змінюються з часом, виявляючи тренди та сезонність, тоді як лінійна регресія встановлює лінійні зв'язки між змінними для прогнозування значень. Вибір між ними залежить від контексту: аналіз часових рядів кращий для даних, що мають часову структуру, а лінійна регресія — для визначення впливу одних змінних на інші. Регресійний аналіз — це розділ математичної статистики, який досліджує залежність однієї величини від іншої. На відміну від кореляційного аналізу, регресійний аналіз не лише виявляє зв'язок між змінними, але й займається пошуком моделі цього зв'язку, вираженої у функції регресії. Аналіз показав, що ймовірність коефіцієнта при змінній "Друковані ЗМІ" дорівнювати 0 становить  $>1\%$ , що не перевищує прийнятний рівень  $10\%$ , але всеодно його доведеться прибрати, в житті друковані ЗМІ вже не є такими популярними. Отримані результати відповідають всім заздалегідь визначеним критеріям прийняття, тому модель вважається прийнятною для використання. Економетрична модель має вигляд:

$$y = -25734855623,55 + 59,53x_1 - 113,44x_2 + 155,18x_4 + 1645,80x_5 \quad (1)$$

Де  $x_1$  - Онлайн-реклама,  $x_2$  - Телебачення,  $x_4$  - Радіо,  $x_5$  - Зовнішня реклама.

Отже, робимо висновки про те, що при збільшенні  $x_1$  на 100 одиниць, ця сума зросте на 5953. Тому при збільшенні онлайн реклами на 100 одинць зросте ВВП в середньому на 5953 при сталих значеннях телебачення, радіо та зовнішньої реклами. Якщо  $x_2$  збільшиться на 100 то ця сума зменшиться на 11344 млрд. грн., тобто на 11344 млрд. грн.. Тому при збільшенні реклами виділеної на телебачення на 100 одинць ВВП скоротиться в середньому на 11344 млрд. грн. при сталих значеннях радіо та зовнішньої реклами. Якщо  $x_4$  збільшиться на 100 то ця сума зросте на 15518, тобто на 15518 млрд. грн. Тому при збільшенні виділення коштів на радіо на 100 одинць зросте

ВВП в середньому на 15518 при сталих значеннях радіо та зовнішньої реклами. Якщо  $x_5$  збільшиться на 100 то ця сума зросте на 164580 млрд. грн. Тому при збільшенні виділення коштів на зовнішню рекламу на 100 одинць зросте ВВП в середньому на 164580 млрд. грн.

Побудована модель продемонструвала виняткову якість. Коефіцієнт детермінації (R<sup>2</sup>) 0,98 свідчить про те, що 98% змін ціни реклами пояснюється незалежними змінними. Модель є статистично значущою з ймовірністю 99%, що підтверджується надзвичайно малим значенням F-тесту (1,26327E-23). Р-значення всіх коефіцієнтів моделі менше 0,01, що з ймовірністю 99% гарантує їх відмінність від 0 та свідчить про статистично значимий вплив всіх незалежних змінних на ВВП України. Відповідно до моделі можемо зробити прогноз на 2025 рік щодо скорочення ВВП в 2025 р. і становитиме 103285175519,68 грн.

### **ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)**

1. Attali, J., 2018. Comment nous protéger des prochaines crises? Librairie Arthème Fayard. Bala, M., Verma D., 2018. A Critical Review of Digital Marketing. International Journal of Management, IT & Engineering, 8(10).

2. Brătucu, G., Țierean, O., 2011. Marketing General. Braşov: Ed. Universităţii Transilvania din Braşov.

3. Chaffey, D., 2016. Definitions of E-marketing vs Internet vs Digital marketing. Smart Insight Blog.

4. Dallas, G., Lubrano, M., 2022. Governance, Stewardship and Sustainability: Theory, Practice and Evidence (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003307082>

5. Davies, R., 2019. Extreme Economies: What Life at the World's Margins Can Teach Us About Our Own Future. Londron: Penguin.

## **Володимир Кравченко**

доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, факультет інформаційних технологій, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-3795-0427>

[v.kravchenko@nubip.edu.ua](mailto:v.kravchenko@nubip.edu.ua)

## **ПІДГОТОВКА ДАНИХ І ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У РОЗРОБЦІ ІТ-РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕСІВ**

**Анотація.** Розглядаються ключові аспекти розробки ІТ-рішень на основі штучного інтелекту для удосконалення управлінських процесів в бізнесі, освіті та науці. При цьому головне місце посідають проблеми підготовки даних, використовуючи різні їх типи та джерела інформації. Якість, неупередженість та повнота даних визначають доцільність і точність моделей машинного та глибокого навчання, а також ефективність управлінських рішень. Потенціал успішної реалізації моделей полягає також в обробці даних, де особливо відзначається роль людини.

**Ключові слова:** якість даних; обробка даних, машинне навчання, штучний інтелект, ІТ-рішення.

### **1. ВСТУП**

Постановка проблеми. В умовах стрімкого зростання обсягів даних і підвищення складності управлінських завдань у бізнесі, освіті та науці зростає потреба у створенні ефективних ІТ-рішень з використанням штучного інтелекту (ШІ). Важливим є виявлення існуючих взаємозв'язків, закономірностей, тенденцій і шаблонів поведінки, що забезпечується машинним навчанням (МН), включаючи прогнозу аналітику та глибоке навчання (ГН) [1]. Для адекватної реакції на сигнали ІТ-рішення може включати: експертні системи, технології планування та складання графіків, алгоритми оптимізації, методи обробки природної мови для розуміння людської мови та формування відповідей, технології перетворення аудіо в текст і навпаки, комп'ютерний зір (КЗ) для аналізу зображень. Тому, розробка ІТ-рішень з використанням ШІ задля удосконалення управлінських процесів і покращення результатів діяльності вимагає отримання, нерідко в режимі реального часу, якісних даних в достатньому обсязі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання підготовки якісних даних притаманні багатьом розділам аналітики та МН: перевіряється відповідність даних визначеній управлінській проблемі і/або меті дослідження; оцінюється, наскільки вони є повними, послідовними, вільними від дублювання, точними та своєчасними для цієї мети [2]. Залежно від завдання й алгоритму навчання для розробки моделей може знадобитись різні за обсягом дані. Від якості, неупередженості та повноти цих даних залежить доцільність і точність аналітичних процедур, передбачених ІТ-рішенням [3].

Взагалі, ШІ поділяються на два напрями: генеративний ШІ, який створює новий контент, і прогнозний ШІ, який спрямований на виявлення прихованих закономірностей, отримання нових знань та передбачення майбутніх подій [4]. Тому, вміння фахівців організувати збір, підготовку й зберігання якісних даних різного формату є головною передумовою до застосування ШІ у вирішенні управлінських завдань. До того ж людський досвід відіграє велику роль у доопрацюванні контенту, інтерпретації результатів, підтримці прийняття рішень, розмітці об'єктів на зображеннях, забезпеченні етичного застосування технологій тощо.

Мета публікації. Ця стаття присвячена розгляду ключових аспектів розробки ІТ-рішення для вирішення управлінських завдань в бізнесі, освіті та науці на основі технологій штучного інтелекту з акцентом на проблеми підготовки даних.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При впровадженні ІТ-рішення в управлінський процес варто враховувати життєвий цикл розробки такого рішення, який складається з наступних етапів:

1. Отримання даних з різних джерел, таких як бази даних (SQL, NoSQL), файли, API, датчики й інші, в режимі реального часу або пакетно.

2. Попередня обробка даних, що включає очищення даних від шуму й аномалій, фільтрацію, заповнення пропусків, обробку викидів, перетворення масивів даних до формату, придатного для подальшого моделювання.

3. Моделювання та прогнозування. На цьому етапі відбираються та створюються нові предиктори (ознаки), проводиться масштабування їх значень (шляхом застосування методів нормалізації та стандартизації), здійснюється навчання моделі на основі обраних алгоритмів ML, отримуються прогнози і перевіряється точність.

4. POST-обробка, спрямована на вдосконалення результатів моделі задля перетворення їх на практичні ефективні рішення. Це може включати перевірку на адекватність, візуалізацію, пояснення та трансформацію вихідних даних моделі у формат, зрозумілий кінцевому користувачу.

5. Прийняття і реалізації рішень в реальному часі або з мінімальною затримкою.

6. Отримання зворотного зв'язку від користувачів та моніторинг продуктивності моделі в реальних умовах. Це дозволяє вносити корективи, покращувати модель та адаптувати її до змін у даних.

Цей цикл є ітеративним і повторюється не тільки до моменту впровадження рішення в промислову експлуатацію, а й протягом всього періоду його існування. Це зумовлено тим, що всі моделі з часом деградують. Кожен етап життєвого циклу підтримується широким спектром інструментів та технологій, включаючи:

- сховища даних: файли, SQL DB, NoSQL DB;
- мови програмування: Python, R, Julia, Scala, Java;
- бібліотеки обробки даних і ML: Pandas, NumPy, Matplotlib, Scikit-learn, TensorFlow, Keras, H2O, PyTorch, YOLO, LightGBM;
- IDEs: Google Colab, Jupyter Notebook, VS Code, PyCharm, R-Studio;
- ML платформи: AWS SageMaker, Google Cloud AI, Azure ML Studio, IBM Watson.

Вибір конкретних інструментів залежить від складності задачі, обсягу і якості даних, наявних ресурсів та вимог до продуктивності. Для навчальних та експериментальних цілей часто достатньо використання безкоштовних хмарних середовищ, таких як Google Colaboratory, з мовою програмування Python та відповідними бібліотеками обробки даних і МН.

Так, розглянемо приклад застосування МН для вирішення задачі прогнозування надоїв корів. В якості вхідних даних використовувались табличні дані про контрольні надої корів та їх лактацію, отримані з ферми, а також дані про температурно-вологісні умови від метеослужби. Задача була сформульована як задача регресії. В процесі підготовки даних було побудовано хронологічний датафрейм, визначено та згенеровано додаткові предиктори, згруповані за чотирма сценаріями. Для моделювання були використані алгоритми лінійної регресії та випадкового лісу з бібліотеки Scikit-learn, а також алгоритм градієнтного бустингу LightGBM. Найкращі результати за метриками точності (R<sup>2</sup>, MAE та MAPE) були досягнуті з використанням саме LightGBM. Для інтерпретації результатів моделі та визначення найбільш важливих предикторів була використана бібліотека SHAP. Потенціал отримання

достатньо високої точності був закладений саме у обробці даних і визначенні додаткових предикторів.

Варто зазначити, що ІТ-архітектура рішення може передбачати передачу даних з локальних серверів у хмарне середовище, наприклад, з використанням платформи MS Azure. Данні потрапляють до контейнеру з моделлю МН, підготовленою, наприклад, за допомогою Azure ML Studio. Результати моделі можуть виводитися на дашборди (PowerBI), які доступні задіяному в процесі прийняття рішення персоналу.

Для вирішення низки завдань сучасні ІТ-рішення мають володіти функцією КЗ, що дозволяє аналізувати зображення та відео. Проте ключовою умовою для створення таких рішень є участь людини, яка забезпечує навчання системи шляхом маркування даних. Процес маркування передбачає ручне або напівавтоматичне визначення та позначення об'єктів на зображеннях, що використовується для навчання моделей ГН. Маркування є критично важливим етапом не лише для КЗ, але й для інших напрямів ШІ, таких як: розпізнавання мови, аналізу емоцій, робототехніки, аналізу поведінки клієнтів, категоризації продуктів, виявлення шахрайства. Маркування займає близько 80% часу роботи розробників. Тому попит на послуги маркування даних стрімко зростає, і є постійною потребою для багатьох компаній і організацій. Окрім маркування, важливим аспектом підвищення точності моделей розпізнавання об'єктів є аугментація зображень. Ця техніка дозволяє збільшити обсяг даних для навчання шляхом внесення змін до існуючих зображень, наприклад, через обертання, зміну яскравості, масштабування чи інші трансформації. Аугментація сприяє підвищенню стійкості моделей до варіативності вхідних даних, що особливо актуально для систем КЗ.

### **3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Отже, розробка та впровадження ІТ-рішень в управлінські процеси в бізнесі, а також в навчальні та наукові процеси відкриває нові можливості щодо покращення результатів діяльності, але потребує ретельної роботи з даними з точки зору їх якості та неупередженості, створення інформативних ознак, маркування даних і аугментації зображень, а також вибору відповідних інструментів і технологій, і, врешті-решт, врахування етичних аспектів.

### **ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)**

1. Beqiri, R. (2016) A.I. Architecture Intelligence, Future Architecture. Available at: <https://futurearchitectureplatform.org/news/28/ai-architecture-intelligence/> (Accessed: 20 November 2024).
2. Gudivada, Venkat, Amy Apon, Junhua Ding (2017) Data quality considerations for big data and machine learning: Going beyond data cleaning and transformations". International Journal on Advances in Software, 10.1: 1-20.
3. Lukas Budach, Moritz Feuerpfeil, Nina Ihde, Andrea Nathansen, Nele Noack, Hendrik Patzlaff, Hazar Harmouch, Felix Naumann (2022) The Effects of Data Quality on Machine Learning Performance. arXiv preprint arXiv:2207.14529.
4. Generative AI vs Predictive AI (2024) EPAM SolutionsHub. Available at: <https://solutionshub.epam.com/blog/post/generative-ai-vs-predictive-ai> (Accessed: 20 November 2024).

## Людмила Галаєва

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м.Київ  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3036-2830>  
email: [lgalaeva@nubip.edu.ua](mailto:lgalaeva@nubip.edu.ua)

## ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ

**Анотація.** Моделювання та прогнозування виробництва молока в Україні в сучасних умовах, коли до зовнішніх та внутрішніх, вже звичних, викликів додався фактор військових дій, що додатково підвищує ризики аграрного сектору, зокрема тваринництва і, у зв'язку з цим, виробництва молока, стає надзвичайно актуальним. Вивчення ринкових трендів за допомогою економетричних моделей є важливою частиною наукових досліджень, оскільки допомагає передбачити майбутні коливання на молочному ринку, а відповідно, фермерським господарствам та переробним підприємствам і компаніям пристосовуватися до нових ринкових умов, вдосконалювати свої стратегії, приймати виважені та ефективні управлінські рішення.

**Ключові слова:** моделювання; прогнозування; молоко; фактори; економетрична модель.

### 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Виробництво молока, молочних продуктів та молочних виробів є важливою складовою аграрного сектора економіки України і, в той же час, є ключовим елементом у забезпеченні продовольчої безпеки країни, підтримці соціально вразливих груп населення та джерелом стабільності для сільських громад. У багатьох країнах світу молочний ринок є предметом особливого контролю державних органів через його важливість для соціальної стабільності.

Сучасний ринок молока визначають такі ключові тенденції:

- Глобалізація економіки, що призводить до збільшення впливу транснаціональних корпорацій на молочну галузь та зниження значущості територіальних меж.
- Зростання цін, що стимулює міжнародні інвестиції в молочну галузь країн, що розвиваються, особливо в Південно-Східній Азії, Латинській Америці та країнах СНД.
- Активний розвиток на міжнародному ринку китайських аграрних компаній.
- Суттєві коливання цін на молочну продукцію на світових ринках (іноді вони нижчі за українські).
- Зменшення кількості країн-експортерів при зростанні країн-імпортерів.
- Збільшення кількості угод про злиття та поглинання на світовому ринку молока.

У цих умовах, завдання прогнозування обсягів виробництва молока в залежності від ряду факторів, які мають різний вплив, що дозволить знизити ризики та підвищити конкурентоспроможність фермерських господарств та переробних підприємств, є надзвичайно актуальною [ 1 ].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досліджуючи галузь молочного скотарства в країні, необхідно орієнтуватися на ключові тенденції на світовому молочному ринку, оскільки молоко та молочні продукти завжди будуть важливою частиною світового продовольчого ринку. Сучасні світові тенденції у виробництві та переробці молока вказують на посилення інтеграційних процесів, що веде до створення великих молочних корпорацій. Молочний ринок є одним з найбільш регульованих у світі, і цілеспрямовані державні заходи з його підтримки сприятимуть його стабільному

розвитку, оскільки молочна галузь є однією з найскладніших для регулювання через безперервний характер виробництва та споживання продукції.

Світове виробництво молока продовжує зростати, додаючи в середньому 2% щороку. Індія є лідером у виробництві молока з показником близько 137 млн. тонн. На другому місці США – 94 млн тонн, а на третьому Китай – понад 40 млн тонн. Бразилія також є ключовим гравцем на ринку – виробляє більше 33 млн. тонн молока на рік. [ 2 ].

Згідно з дослідженнями, у світі в середньому на душу населення виробляється близько 110 л молока на рік, що на 10% більше, ніж у 1990 році. У розвинених країнах цей показник становить у середньому близько 240 л на рік, тоді як у країнах, що розвиваються – лише 7 л на рік. В Україні цей показник складає близько 220 кг, і він залежить, у великій мірі, від купівельної спроможності населення [ 3 ].

Щодо порівняльної динаміки, виробництво молока в Україні та деяких країнах ЄС визначається наступним: за період від 2011 до 2023 року, виробництво молока на фермах в Україні змінювалося в межах від 0,31 до 0,36. Середнє значення за цей період становило 0,34, із стандартним відхиленням відносно середнього 0,07. Коефіцієнт кореляції до року дорівнює -0,76, що вказує на негативний тренд. На фоні цього, країни ЄС показують різні тенденції. Наприклад, Ірландія показує середнє значення 3,11 з позитивним трендом (коефіцієнт кореляції 0,97). Навіть країни з негативним трендом, такі як Болгарія (середнє 0,34, коефіцієнт кореляції -0,95), мають стабільнішу ситуацію порівняно з Україною. Це свідчить про те, що, хоча Україна поділяє деякі виклики з країнами ЄС, є цілий ряд внутрішніх проблем, які потребують нагального вирішення.

**Мета публікації.** Враховуючи це, метою статті є висвітлення підходів до моделювання та прогнозування виробництва молока, що дозволить розробляти ефективні стратегії розвитку молочної галузі та адаптувати її до сучасних викликів.

## 2.РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для прогнозування тенденцій на ринку молока, важливо визначити взаємозв'язки між основними факторами, що дасть можливість визначити вплив кожного з них на результуючий показник. Кореляційний аналіз виконано за допомогою програми Microsoft Excel, за даними про показники молочної галузі України за період з 1996 по 2023 рік (табл.1) [ 4 ].

Таблиця 1

Кореляційна матриця показників ринку молока України

Показники	Ціна за тону, грн	Індекс споживчих цін	Виробництво молока, тис. тон	Корови, тис голів	Рентабельність, %	Виробництво молока на особу (вік 16-64 років)	Населення (вік 16-64 років, тис. чол.)
Ціна за тону	1,00						
Індекс споживчих цін	-0,17	1,00					
Виробництво молока, тис. тон	-0,93	0,29	1,00				
Корови, тис голів	-0,78	0,40	0,89	1,00			
Рентабельність, %	0,66	-0,39	-0,74	-0,90	1,00		
Виробництво молока на особу (вік 16-64 років)	-0,85	0,35	0,98	0,85	-0,71	1,00	
Населення (вік 16-64 років, тис. чол.)	-0,98	0,13	0,91	0,80	-0,65	0,81	1,00

Аналіз взаємозв'язків факторів багатфакторної моделі залежності обсягів виробництва молока на одну працездатну особу від його ціни, індексу споживчих цін, поголів'я корів показав наступні результати: ціна за тону молока та поголів'я корів мають інверсний зв'язок на рівні  $-0,78$ .

Це означає, що зі зменшенням поголів'я корів зменшуються обсяги виробництва, що може призводити до дефіциту пропозиції і, відповідно, ціни на молоко зростають. Зменшення поголів'я корів пов'язане з рядом чинників, зокрема: військовими діями в країні, економічними умовами, змінами в аграрній політиці, екологічними проблемами тощо.

Рентабельність виробництва молока тісно пов'язана з ціною за тону молока, де кореляція становить  $0,66$ . Це свідчить про те, що підвищення цін на молоко сприяє збільшенню прибутковості.

Населення вікової категорії 16-64 роки має суттєвий зв'язок з кількістю поголів'я корів з показником  $0,80$  що може бути зумовлено традиційним утриманням корів. Зі зменшенням чисельності населення може зменшуватися й кількість домогосподарств, що утримують корів тощо, внаслідок чого падає і загальне поголів'я корів.

Виробництво молока тісно пов'язане з поголів'ям корів, де кореляція становить  $0,89$ . Це очевидний зв'язок, адже обсяги виробленого молока безпосередньо залежать від поголів'я, а його скорочення призводить до зменшення виробництва молока, що впливає на всю молочну галузь країни.

Індекс споживчих цін має негативний зв'язок з рентабельністю ( $-0,39$ ). Це може вказувати на те, що зі зростанням інфляції рентабельність виробництва молока зменшується. Інфляція може впливати на збільшення витрат фермерів та підприємств, що, в свою чергу, знижує їх прибутковість.

Ціна за тону має високу негативну кореляцію з кількістю населення ( $-0,98$ ), що може свідчити про те, що зі зменшенням чисельності населення, а, відповідно, попиту на молоко, ціни на нього зростають. Зниження попиту, в свою чергу, впливає на ринкову рівновагу, призводячи до зростання цін.

## **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Найбільший вплив на виробництво молока на одну працездатну особу мають ціна за тону молока та поголів'я корів. Однак, масштаб значень показників моделі не дає можливість приймати обґрунтовані рішення та потребує застосування додатково й інших методів, наприклад, показників еластичності. Зокрема, показники еластичності можуть бути корисними для визначення відносної чутливості виробництва молока до змін в ціні, поголів'я корів та інших факторів. Це дасть можливість краще розуміти, які фактори більш суттєво впливають на виробництво молока і визначити напрями оптимізації цього процесу, що сприятиме збереженню та ефективному розвитку вітчизняної молочної галузі в умовах викликів, зокрема зумовлених війною.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

[1] Nataliia Shyian, Valentyna Moskalenko, Olexandr Shabinskyi, Volodymyr Pechko (2021). "Milk price modeling and forecasting". *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. URL: <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.01.05>

[2] FAOSTAT. URL: <http://www.fao.org/production/>

[3] Eurostat. Statistics Explained. Milk and milk product statistics/ URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Milk\\_and\\_milk\\_product\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Milk_and_milk_product_statistics)

[4] Держкомстат України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

## SECTION 2. COMPUTER SYSTEMS AND NETWORKS, CYBERSECURITY / КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ, КІБЕРБЕЗПЕКА

### **Ярослав ДОРОГИЙ**

Доктор технічних наук, доцент, професор кафедри прикладної математики та інформатики  
Донецький національний технічний університет, кафедра ПМІ, Дрогобич, Україна  
ORCID: 0000-0003-3848-9852  
*cisco.rna@gmail.com*

### **Василь ЦУРКАН**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент спеціальної кафедри №5  
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації КПП ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна  
ORCID: 0000-0003-1352-042X  
*v.v.tsurkan@gmail.com*

## КІБЕРБЕЗПЕКА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВОЇ ЗАГРОЗИ

**Анотація.** Критична інфраструктура є основою стабільності будь-якої держави, оскільки вона забезпечує життєво важливі функції суспільства, зокрема енергетичні, водопостачальні, транспортні та інформаційні системи. В умовах сучасних кіберзагроз та військових конфліктів, таких як агресія росії проти України, кібербезпека критичної інфраструктури набуває особливої важливості. Кібератаки можуть не тільки порушити роботу інфраструктури, але й призвести до серйозних економічних, соціальних та гуманітарних наслідків. У статті розглядаються основні види кіберзагроз, зокрема DDoS-атаки, шкідливі програми та віруси, атаки на енергетичну інфраструктуру, фінансові кібератаки, а також цілеспрямовані атаки на військові об'єкти та інформацію. Зокрема, в Україні під час військового конфлікту значно зросла кількість атак, що впливають на державні органи, фінансові установи та енергетичні системи. Прикладом таких атак є відомий вірус "NotPetya", який призвів до значних пошкоджень інформаційних систем та фізичних об'єктів інфраструктури. Захист критичної інфраструктури вимагає комплексного підходу, включаючи розробку національної стратегії кібербезпеки, інтеграцію кіберзахисту в загальну стратегію національної безпеки, створення систем моніторингу та оперативного реагування на кіберзагрози, а також впровадження резервних систем та планів відновлення після атак. Важливим елементом є також підготовка фахівців у сфері кібербезпеки, зокрема через спеціалізовані програми навчання та сертифікації. В умовах постійних кіберзагроз Україна розробляє та впроваджує різноманітні нормативно-правові акти для покращення захисту критичної інфраструктури. Створення ефективної системи кібербезпеки є одним з основних пріоритетів для забезпечення національної безпеки та стабільності держави в умовах сучасної війни.

**Ключові слова:** кібербезпека, критична інфраструктура, кіберзагрози, військова агресія, захист інформаційних систем.

### **1. ВСТУП**

Критична інфраструктура є основою стабільності держави, охоплюючи енергетику, транспорт, водопостачання, фінансові установи та зв'язок. Від її роботи залежить національна безпека та життєдіяльність громадян. Зі зростанням цифровізації ці об'єкти стають вразливими до кіберзагроз, що можуть призвести до серйозних економічних і соціальних наслідків, особливо під час військових загроз, коли кібератаки можуть бути частиною гібридних стратегій агресора.

Забезпечення кібербезпеки критичної інфраструктури є надзвичайно актуальним, особливо в умовах війни, коли збройний конфлікт супроводжується кібератаками. Держави повинні мати стратегії захисту критичних об'єктів, що включають технічні та організаційні заходи для забезпечення фізичної та інформаційної безпеки. Враховуючи

численні кібератаки на українські енергетичні, фінансові та комунікаційні системи, що спричинили серйозні наслідки, проблема кіберзахисту стає особливо важливою. Останні дослідження підтверджують вразливість цих об'єктів у військовому конфлікті та підкреслюють необхідність вдосконалення стратегій захисту.

Метою публікації є аналіз сучасних кіберзагроз для критичної інфраструктури України та розробка рекомендацій щодо вдосконалення заходів кіберзахисту.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

*Види кіберзагроз під час військової агресії.* В умовах військової агресії проти України, кіберзагрози набувають особливого значення, оскільки вони можуть бути використані для паралізації державних і комерційних структур, а також для втручання в особисту діяльність громадян. Важливо зазначити, що з 2014 року Україна стикається з серйозними кіберзагрозами з боку державних та недержавних акторів, і більшість цих атак здійснюються під час або на фоні військового конфлікту.

*Класичні кібератаки.* DDoS-атаки та шкідливі програми є серйозними загрозами для критичної інфраструктури України. У 2017 році потужні DDoS-атаки вплинули на роботу урядових установ, фінансових структур та енергетичних компаній, порушивши функціонування порталних систем та електронних послуг. Для захисту критичних об'єктів від таких атак важливо розвивати механізми безпеки, включаючи інтеграцію з міжнародними мережами захисту. Окрім цього, шкідливі програми, такі як вірус "NotPetya", стали однією з найбільш руйнівних атак на українську інфраструктуру, зупинивши підприємства, знищивши дані та порушивши роботу фінансових і логістичних систем. Такі атаки доводять, що кіберзагрози можуть не лише порушити інформаційні системи, а й мати руйнівний вплив на фізичні об'єкти критичної інфраструктури.

*Атаки на енергетичну інфраструктуру.* Враховуючи залежність України від енергетичної інфраструктури, саме ця сфера є однією з найбільш уразливих. Українська енергетична система вже неодноразово ставала мішенню для кібератак, які спричиняли відключення електрики в регіонах, що підвищує ризик виникнення гуманітарних катастроф. Окрім цього, атаку на енергетичні об'єкти може бути використано для порушення життєдіяльності держави на стратегічному рівні — зокрема для зупинки роботи підприємств оборонної промисловості чи транспорту.

*Фінансові кібератаки.* Фінансовий сектор є важливим елементом для стабільності держави, і атаки на фінансові системи України можуть призвести до дестабілізації економічної ситуації. Враховуючи військові дії та присутність агресора в кіберпросторі, українські банки та платіжні системи стали частими об'єктами для кібератак. Атаки на платіжні системи або банківські платформи, а також спроби маніпулювати транзакціями є серйозною загрозою для економічної безпеки країни.

*Цілеспрямовані атаки на військові об'єкти та інформацію.* Військові об'єкти є стратегічною мішенню для кібератак під час війни. На прикладі України можна побачити, як атаки на комп'ютерні мережі збройних сил використовуються для отримання конфіденційної інформації, а також для саботажу або дезорганізації роботи військових. В умовах війни агресор використовує кібератаки для дестабілізації управління та командних пунктів, що робить боротьбу з такими нападами важливим пріоритетом для національної безпеки.

*Захист критичної інфраструктури України від кіберзагроз.* Захист критичної інфраструктури України від кіберзагроз є ключовим аспектом національної безпеки. Враховуючи військову агресію з боку РФ, Україна змушена адаптувати свою кіберстратегію до нових умов і викликів. Розробка комплексних заходів захисту

критичних об'єктів інфраструктури вимагає не тільки технічних, а й організаційних і правових змін.

*Розробка національної стратегії кібербезпеки.* Україна розробила ряд нормативно-правових актів для створення ефективної системи кібербезпеки, яка включає правила взаємодії державних органів, приватного сектору та громадських організацій. Зокрема, документ [1] визначає основні принципи забезпечення кібербезпеки, а також передбачає взаємодію держави та бізнесу у питаннях захисту від кіберзагроз. Крім того, у 2021 році було розроблено Стратегію кібербезпеки України [2], яка націлена на побудову комплексної системи захисту критичної інфраструктури.

*Інтеграція кібербезпеки в національні стратегії безпеки.* Інтеграція кібербезпеки в національні стратегії безпеки передбачає створення координаційних органів, що здійснюють постійний моніторинг загроз і забезпечують реагування на кіберінциденти. В Україні створено Національний координаційний центр кібербезпеки, що відповідає за моніторинг ситуації в кіберпросторі та надає оперативні рекомендації щодо захисту критичних об'єктів інфраструктури.

*Моніторинг кіберзагроз та оперативне реагування.* Моніторинг кіберзагроз є основою системи захисту. В Україні для цього були розроблені спеціальні програмні продукти та платформи, зокрема, система CERT-UA (команда реагування на комп'ютерні інциденти), яка відповідає за виявлення, попередження і реагування на кіберінциденти. Моніторинг здійснюється з використанням сучасних технологій, таких як Zabbix, Nagios, та інші, що дозволяє здійснювати проактивний контроль за станом інформаційних систем критичних об'єктів.

## **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Кібербезпека критичної інфраструктури є ключовим аспектом національної безпеки, особливо в умовах військової загрози. Україна стикається з постійними кіберзагрозами, включаючи DDoS-атаки, шкідливі програми та цілеспрямовані напади на енергетичні, фінансові та інші важливі об'єкти. Актуальність удосконалення механізмів захисту критичних інфраструктурних систем зростає з кожним роком, зокрема через розробку нових нормативно-правових актів та інтеграцію з міжнародними системами захисту.

Необхідно продовжувати розробку нових технологій для захисту критичної інфраструктури, зокрема в області виявлення та протидії новим типам кіберзагроз. Також важливо досліджувати ефективність національних стратегій кібербезпеки та розвивати навчання і підготовку кадрів у сфері кіберзахисту, що сприятиме посиленню стійкості інфраструктури до кібератак.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. "Pro osnovni zasady zabezpechennya kyberbezpeky Ukrayiny: Zakon Ukrayiny, 5 zhovtnya 2017 roku, No. 2163-VIII," Verkhovna Rada Ukrayiny, 2017. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19>. [Accessed: Nov. 2, 2024].
2. "Ukaz Prezydenta Ukrayiny vid 26 serpnia 2021 roku No. 447/2021 'Pro Stratehiyu kyberbezpeky Ukrayiny'," Prezydent Ukrayiny, Aug. 26, 2021. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/447/2021>. [Accessed: Nov. 2, 2024].

**Олексій Коваленко**

доктор технічних наук, доцент, професор  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-9639-3544>  
[o.kovalenko@nubip.edu.ua](mailto:o.kovalenko@nubip.edu.ua)

**Лі Лі**

аспірантка  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна  
<https://orcid.org/0009-0007-1089-9223>  
[lily170702019@163.com](mailto:lily170702019@163.com)

**Хао Сунь**

викладач  
Університет Бенбу, провінція Аньхой, КНР  
<https://orcid.org/0009-0003-7467-8375>  
[635781795@qq.com](mailto:635781795@qq.com)

## ВИКОРИСТАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ У СИСТЕМАХ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

**Анотація.** З постійним покращенням соціального та економічного рівня та прискоренням урбанізації проблеми забруднення навколишнього середовища стають все більш помітними, особливо різке збільшення кількості побутових відходів та відсутність своєчасної та ефективної очистки, з якою стикаються багато міст і сіл важке забруднення відходами. Для досягнення сталого розвитку управління навколишнім середовищем стало ключовим питанням, яке потребує вирішення зараз і в майбутньому. Системогенез систем менеджменту середовищем враховує складність структури, ситуативний характер зв'язків між компонентами, ситуаційний характер сценаріїв поведінки за різних умов, кількість параметрів і змінних, неповноту і невизначеність джерел інформації, різноманітність інформаційних і ймовірнісних параметрів середовища. Різноманіття побутових відходів і слабка обізнаність населення щодо їх класифікації, обумовлюють незадовільний поточний ефект класифікації відходів. В останні роки застосування глибокого навчання у сфері класифікації сміття стало актуальним напрямом досліджень. Складності, пов'язані з візуальним аналізом стану середовища можна подолати шляхом застосування технологій обробки зображень та комп'ютерного зору. З огляду на це, у статті запропонована система розпізнавання зображень для класифікації побутових відходів, заснована на глибокому навчанні, яка може ефективно класифікувати різні типи побутових відходів: відходи, що підлягають переробці, кухонні відходи, небезпечні відходи та інші відходи. Система реалізована з використанням фреймворку TensorFlow на основі моделі згорткової нейронної мережі (CNN), що включає згорткові шари, шари об'єднання та повністю зв'язані шари. Після проведення навчання, система досягла точності розпізнавання категорій сміття на рівні 67%.

**Ключові слова:** розпізнавання образів; глибоке навчання; нейронна мережа; класифікація сміття; сортування сміття.

### ВСТУП

Стандарти життєвого середовища людей продовжують підвищуватися, а побутові відходи, електронні відходи тощо стають глобальною проблемою. Побутові відходи невпинно накопичуються і чинять тиск на екологічний стан середовища. У багатьох країнах приділяється велика увага утилізації сміття та запровадив політику та правила класифікації сміття. Органи влади посилюють інформаційну роботу щодо класифікації та утилізації сміття. Класифікація сміття зменшує забруднення навколишнього середовища, а переробка підвищує економічні вигоди. Використання глибокого

навчання у сортуванні відходів дозволяє досягти високої точності ідентифікації категорій і видів сміття.

**Постановка проблеми.** Використання нових ідей та технічних засобів інформаційних технологій дозволяє вирішити проблеми утилізації твердих побутових відходів. Складності, пов'язані з візуальним аналізом стану середовища можна подолати шляхом застосування технологій обробки зображень та комп'ютерного зору. Розробка та використання засобів розпізнавання зображень для класифікації побутових відходів, заснована на глибокому навчанні, дозволить ефективно класифікувати різні типи побутових відходів: відходи, що підлягають переробці, кухонні відходи, небезпечні відходи та інші відходи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальні підходи застосування інтелектуальної обробки зображень описані у статті [1]. Дослідження [2] пропонує надійну модель із використанням глибоких нейронних мереж для автоматичної класифікації сміття, яку можна застосувати в інтелектуальних системах для сортування сміття на основі 5904 зображень, що належать до трьох різних класів, включаючи органічні, неорганічні та медичні відходи. У дослідженні [3] архітектури Densenet121, DenseNet169, InceptionResnetV2, MobileNet, Xception використовувалися для набору даних Trashnet, а Adam і Adadelta використовувалися як оптимізатор у моделях нейронних мереж. На підставі результатів, отриманих у цьому дослідженні, Adam забезпечив кращу точність тесту порівняно з Adadelta. Крім того, процес доповнення даних було застосовано для підвищення точності класифікації через обмежені вибірки набору даних Trashnet. Дослідження [4] пропонує багат шарову гібридну систему глибокого навчання (MHS) для автоматичного сортування відходів, які утилізуються окремими особами в міських громадських місцях. Ця система розгортає камеру високої роздільної здатності для захоплення зображення та датчики для виявлення іншої корисної інформації про функції. MHS використовує алгоритм на основі CNN для виділення характеристик зображення та метод багат шарових перцептронів (MLP) для консолідації характеристик зображення та іншої інформації про характеристики, щоб класифікувати відходи як придатні для переробки чи інші. У дослідженні [5] набір даних, який використовується для класифікації відходів, реконструюється за допомогою мережі AutoEncoder. Потім набори функцій витягуються за допомогою двох наборів даних за допомогою архітектур згорткової нейронної мережі (CNN), і ці набори функцій об'єднуються. Метод регресії Ріджа (RR), виконаний на комбінованому наборі ознак, зменшив кількість ознак, а також виявив ефективні функції. Машини опорних векторів (SVM) використовувалися як класифікатори в усіх експериментах.

**Мета публікації.** Метою дослідження є розробка підходів до створення архітектурних моделей і засобів класифікації побутових відходів на основі глибокого навчання, які дозволяють підвищити ефективність систем екологічного менеджменту шляхом автоматизації, підвищення точності та зменшення часу на реалізацію процесів сортування сміття.

## 1. МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ СМІТТЯ

Сортування сміття в різних країнах базується на національних стандартах, що визначають категорії сміття та способи їх переробки. Зокрема, стандарти класифікації сміття у Китаї визначають чотири основні категорії сміття: кухонне сміття, сміття, яке можна переробити, небезпечне сміття та інше сміття. У цих чотирьох категоріях розрізняють 245 різних типів сміття.

Для проведення класифікації відходів було розроблено програмні засоби з використанням фреймворку TensorFlow на основі моделі згорткової нейронної мережі, що включає згорткові шари, шари об'єднання та повністю зв'язані шари. Набір даних

розділений на навчальний набір і тестовий набір відповідно до 8:2. Модель згорткової нейронної мережі (CNN) використовується для вилучення та перетворення характеристик вхідного зображення за допомогою рівня згортки та рівня об'єднання.

При використанні моделі CNN у задачі класифікації сміття слід враховувати такі аспекти:

1. Обмеженість вибірки даних: у проведеному дослідженні набір даних складається з 80 000 зображень, при середньому розподілі на 245 категорій на кожен категорію припадає лише близько 300 зразків. Цього може бути недостатньо, щоб модель повністю навчилася розпізнавати особливості кожної категорії.

2. Незбалансованість вибірок за категоріями: якщо 245 категорій сміття в наборі даних розподілені нерівномірно, модель буде схильна передбачати ті категорії, які частіше зустрічаються, що призводить до зниження точності розпізнавання рідкісних категорій. Нерівномірність категорій особливо впливає на точність у задачах багатокласової класифікації.

3. Глибина моделі: якщо кількість шарів у CNN недостатня або її структура занадто проста, це обмежує здатність моделі витягувати особливості, необхідні для точного розпізнавання.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В статті запропоновані архітектура та засоби реалізації процесів інтелектуального сортування сміття з використанням згорткових нейронних мереж. Проведено аналіз літератури з проблеми інтелектуалізації переробки відходів і визначено перспективні підходи до реалізації комплексних систем сортування сміття. Зазначено відмінності у підходах до класифікації відходів у різних країнах, що потребує додаткових налаштувань систем для цільового застосування. При налаштуванні і навчанні таких систем особливу увагу слід звернути на об'єм та збалансованість навчальних вибірок, а також додавання кроків попередньої обробки даних або застосування методу перенесення навчання (використання моделі, попередньо навченої на великому наборі даних) для підвищення точності розпізнавання.

Фокус подальших досліджень повинен зосереджуватись на підборі моделей та розробці програмних засобів, які найкраще відповідатимуть специфічним вимогам класифікації відходів та забезпечити збалансоване формування навчальних вибірок.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] О.Є. Коваленко, Л. Лі, "Застосування інтелектуальної обробки зображень у системах управління життєвим середовищем," Математичні машини і системи. 2024. № 1. С. 55–69. DOI: 10.34121/1028-9763-2024-1-55-69

[2] A. H. Vo, L. Hoang Son, M. T. Vo and T. Le, "A Novel Framework for Trash Classification Using Deep Transfer Learning," in IEEE Access, vol. 7, pp. 178631-178639, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2959033.

[3] R. A. Aral, Ş. R. Keskin, M. Kaya and M. Hacıoğlu, "Classification of TrashNet Dataset Based on Deep Learning Models," 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Seattle, WA, USA, 2018, pp. 2058-2062, doi: 10.1109/BigData.2018.8622212.

[4] Y. Chu, C. Huang, X. Xie, B. Tan, S. Kamal, X. Xiong. "Multilayer Hybrid Deep-Learning Method for Waste Classification and Recycling," Computational Intelligence and Neuroscience, 2018, 5060857, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/5060857>

[5] M. Toğaçar, B. Ergen, Z. Cömert, "Waste Classification using AutoEncoder Network with Integrated Feature Selection Method in Convolutional Neural Network Models," Measurement, 2020, 153(12):107-113. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107459>.

**Євгеній Нікітенко**

Кандидат фізико-математичних наук, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-9222-644X>  
[ev.nikitenko@nubip.edu.ua](mailto:ev.nikitenko@nubip.edu.ua)

## ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СЛУЖБИ ПІДТРИМКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АВТОТРАНСПОРТУ

**Анотація.** В роботі розроблено інформаційно-комунікаційну систему для роботи служби підтримки автопарку, яка повинна забезпечувати наступний функціонал: збір запитів користувачів з різних джерел; автоматичний розподіл запитів між операторами; забезпечення текстової комунікації між оператором та користувачем; перегляд історії звернень; оцінка якості роботи операторів; формування статистичних звітів. Запити користувачів надходять до системи з різних джерел в єдину чергу, де повинні бути розподілені між наявними операторами, при цьому ресурси служби підтримки вважаються обмеженими. Окрім цього необхідно оптимізувати їх використання, зменшивши середній час обслуговування абонента та збільшивши відсоток успішно оброблених запитів.

**Ключові слова:** інформаційно-комунікаційна система, теорія масового обслуговування, моделювання.

### ВСТУП

Використання користувачами будь-якого продукту завжди супроводжується численними питаннями з приводу роботи системи або наявних в ній недоліків. Для вирішення проблем користувачів зазвичай існує окремий підрозділ в складі команди продукту – служба підтримки, яка відповідає на всі питання, що виникають у користувачів. Проте ресурси служби підтримки обмежені, а кількість звернень зазвичай надзвичайно висока. Тому при її організації потрібно не лише вдало підібрати канал комунікації, а й оптимально організувати її структуру та режим роботи, зокрема й процес розподілу та обслуговування заявок.

**Постановка проблеми.** Для розробки серверної частини потрібно створити модель служби підтримки, вирішити задачу оптимізації, а також підібрати технології, на базі яких буде реалізовано систему. Функціонально система має забезпечувати збір, розподіл, перегляд, обробку, оцінку та збереження заявок користувачів. Система також повинна мати можливість аналізувати збережені дані, формувати статистичні звіти. Доступ до даних, що зберігаються системою, повинні мати лише деякі користувачі, тому потрібно спроектувати стратегію їх захисту. Клієнтська частина буде представлена у вигляді веб-додатку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для моделювання процесу обслуговування заявок користувачів службою підтримки доцільно використовувати засоби теорії масового обслуговування. За допомогою мереж масового обслуговування можна побудувати модель досліджуваного процесу та теоретично дослідити показники роботи цієї моделі, зокрема середній час обслуговування заявок, середню довжину черг та вірогідність відмови у обслуговуванні [1]. Різноманітність технологій, що існують для роботи з інформацією, складність процесів в інформаційно-комунікативній сфері стали основною причиною для об'єднання окремих пристроїв та апаратно-програмних комплексів в інформаційно-комунікаційні системи, що, в свою чергу, породило нові підходи до їх створення та управління [2]. Програмне забезпечення для підтримки користувачів забезпечує комунікацію між користувачами певного продукту або сервісу та його службою підтримки. Оператори консультують користувачів з приводу питань та технічних складнощів, які виникли у них в ході використання продукту або сервісу. В якості каналу комунікації використовується мережа Інтернет, де комунікація може

проводитися в текстовому форматі у вигляді чату між оператором та користувачем або у голосовому форматі за допомогою IP-телефонії [3].

**Мета публікації.** Метою дослідження є оптимізація роботи служби підтримки автотранспортного підприємства на основі розробки інформаційно-комунікаційної системи управління завданнями для роботи служби підтримки автопарку.

## 1. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ЗАЯВОК

Службу підтримки можна зобразити у вигляді системи масового обслуговування. Тоді вхідний потік заявок можна змоделювати за допомогою потоку однорідних подій, що відповідає пуассонівському процесу.

Потік однорідних подій – це випадкова послідовність подій, впорядкованих за зростанням їх моментів часу. В такому потоці всі заявки рівноправні і розглядаються тільки моменти часу надходження заявок без уточнення деталей кожної конкретної заявки. Число подій в потоці в будь-якому інтервалі часу  $(t, t + x)$  не залежить від числа подій в будь-якому іншому інтервалі часу, що не перетинається з даним, а залежить лише від довжини  $x$  цього інтервалу. Інтенсивність такого потоку може залежати від часу, що моделює добові ритми у зверненнях користувачів до служби підтримки, проте такий потік тоді не буде вважатися стаціонарним.

Оператори служби підтримки будуть обробниками в даній системі масового обслуговування. Кожен з обробників характеризується власною функцією розподілу випадкової величини – часу, що потребується оператору на обслуговування заявки – та вірогідністю успішного обслуговування заявки.

Припустимо, що в службі підтримки працює 3 оператори першої лінії та 2 оператора другої лінії. Тоді система масового обслуговування, що відповідає цій службі за описаними вище правилами, зображена на рисунку 1.

В цій моделі вхідному потоку заявок відповідає потік однорідних подій  $\lambda(t)$ , що відповідає пуассонівському процесу з інтенсивністю  $\lambda(t)$ , операторам першої лінії підтримки – обробники  $O_{1,1}, O_{1,2}, O_{1,3}$ , які мають черги  $Q_{1,1}, Q_{1,2}, Q_{1,3}$  відповідно. Заявки із вхідного потоку потрапляють до черг обробників першої лінії рівноймовірно. Кожен із обробників характеризується власною функцією розподілу часу обробки та вірогідністю  $\alpha_i$  успішної обробки заявки.

З вірогідністю  $\alpha_i$  заявка обробляється успішно та поступає до вихідного потоку успішно оброблених заявок  $S_1$ , а з ймовірністю  $1 - \alpha_i$  обробник не зможе успішно обробити заявку, і вона надалі оброблятиметься системою обробників другої лінії.

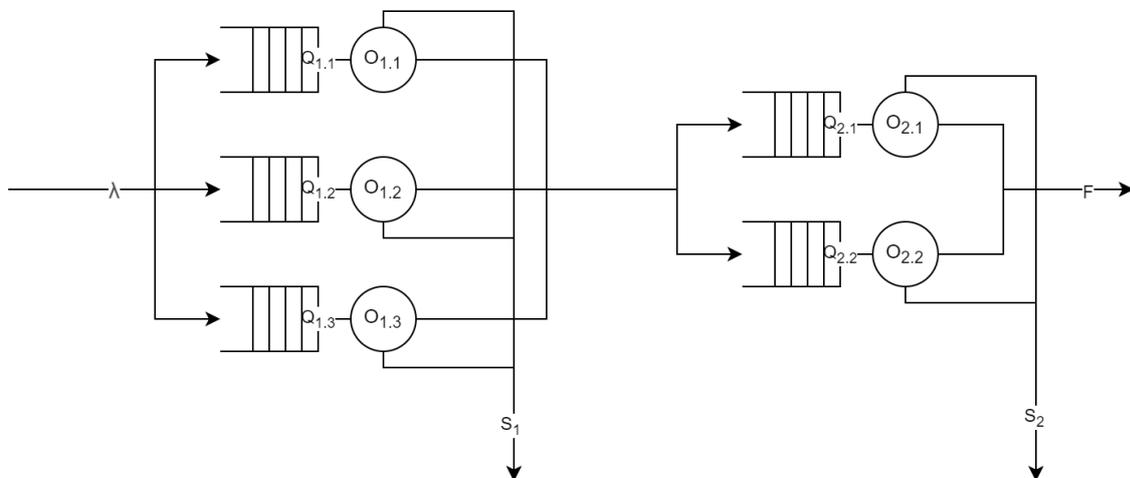


Рисунок 1 – Модель мережі масового обслуговування служби підтримки із випадковим розподілом заявок між системами

Оператори другої лінії підтримки представлені в моделі обробниками  $O_{2.1}$  та  $O_{2.2}$ . Кожен із обробників характеризується власною функцією розподілу часу обробки та вірогідністю  $\alpha_i$  успішної обробки заявки. При цьому математичне очікування часу обробки обробниками другої лінії більше за аналогічний показник функції розподілу часу обробки операторами першої лінії. Заявки до обробників другої лінії надходять в разі неможливості їх обробки операторами першої лінії та рівновірогідно розподіляються у черги  $Q_{2.1}$  та  $Q_{2.2}$ . З вірогідністю  $\alpha_i$  оператор другої лінії успішно обробляє заявку, яка після цього поступає до вихідного потоку успішно оброблених заявок  $S_2$ , а з ймовірністю  $1-\alpha_i$  обробник другої лінії не зможе обробити заявку, вона вважається необробленою системою і поступає до потоку заявок  $F$ , які не вдалося обслуговувати. Час обробки заявки кожним із обробників першої та другої лінії розподілений експоненційно із інтенсивністю  $\mu_i$ .

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В ході виконання роботи була змодельована, спроектована і реалізована система підтримки користувачів для служби підтримки таксопарку. Для цього були проаналізовані реалізації існуючих систем підтримки користувачів. Встановлено, що жодна із них не підтримує автоматичного розподілу заявок між операторами, ґрунтуючись на показниках їх роботи. Процес обслуговування заявок службою підтримки було детально досліджено. На основі отриманого формального опису було створено модель системи засобами теорії масового обслуговування. Створену модель було аналітично та практично досліджено і встановлено, що поточна стратегія розподілу заявок не задовольняє потребам підприємства. Запропоновано оптимізацію створеної моделі, практично встановлено її цінність. Для моделювання системи вона була відтворена програмно, що дозволило перевірити запропоновану оптимізацію. Створена модель мережі масового обслуговування може використовуватися для моделювання інших процесів та стратегій розподілу заявок. На основі створеної моделі створено програмне забезпечення для підтримки користувачів. Систему реалізовано на мові програмування Python, використовуючи фреймворк Flask як програмний каркас [4]. В якості системи керування базами даних використовується MySQL [5]. В ході реалізації системи створено модулі, що відповідають за реалізацію функцій системи. Визначено платформонезалежний спосіб розгортання системи.

Розроблена система відкрита до удосконалення та масштабування.

## ПОСИЛАННЯ

- [1] Стеценко І. В. Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І. В. Стеценко. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.
- [2] Hilbert M. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information / M. Hilbert, P. López. // Science. – 2011. – №332 (6025). – p. 60–65.
- [3] Leung, Nelson K. Y. Information Technology Help Desk Survey: To Identify the Classification of Simple and Routine Enquiries / Leung, Nelson K. Y, Lau Sim Kim. // Journal of Computer Information Systems. – №4 (47). – p. 70—81.
- [4] Welcome to Python.org [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.python.org/>
- [5] MySQL Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dev.mysql.com/doc/>

**Volodymyr Nazarenko**

PhD, Associate professor, Department of Computer Systems, Networks and Cybersecurity  
Bengbu University, Bengbu City, Anhui Province, China  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine  
0000-0002-7433-2484  
volodnz@nubip.edu.ua

**Mario Funderburk**

Senior Developer  
Twisted Time Studios, Vancouver, Canada,  
0009-0002-2335-914X  
mario.gtz.funderburk@gmail.com

## MODERN VIDEO GAMES ANTI-CHEATING SECURITY ISSUES ESSE

**Abstract.** Video game cheating seriously threatens fair play and erodes player confidence, underscoring the need for sophisticated detection and prevention techniques. Recent investigations focus on multi-layered anti-cheat systems that include server-side validation, behavioral monitoring, predictive analytics, and memory integrity checks. Data-driven analysis of player activity is used to address new issues in Web3 games. Cloud-based and massively multiplayer online games benefit from improved resource provisioning and anti-cheat detection thanks to predictive modeling. While specific works support scalable monitoring methods inspired by network security paradigms, existing studies in video game server security show the value of real-time forecasting in maximizing server performance. As essential problems, there is currently a focus on limiting false positives, balancing detection accuracy, and resolving privacy concerns. In order to develop anti-cheat solid solutions and guarantee sustainability and fairness in online gaming, this paper emphasizes the significance of combining machine learning, cybersecurity, and ethical issues.

**Keywords:** unreal engine 5, computer networks, video games, anti-cheating, server prediction, server telemetry, data protection

### 1. INTRODUCTION

Memory injection is the primary method of cheating in video games, compromising fair play and ruining the gameplay experience. Memory injection is the process of changing a game's memory while running to obtain unfair advantages like unbounded resources or invincibility. In order to identify and counteract such vulnerabilities, developers utilize a variety of data protection strategies. For online multiplayer games to be played relatively, server-side prediction and validation systems are essential. These programs examine player inputs and movements to spot questionable activity, such as teleportation or speed hacking. In order to identify anomalous behavior, telemetry and surveillance technologies on video game servers gather and examine player activity data. By tracking patterns and spotting irregularities, this method improves overall game integrity and aids anti-cheat efforts.

Lehtonen (2020) conducted a comparative study of anti-cheat mechanisms in video games, highlighting key strategies such as memory integrity checks, server-side validation, and player behavior analysis. These studies underscore the persistent arms race between cheaters and developers, necessitating continuous innovation in anti-cheating methodologies [1, 2]. Grant and Muhammad (2022) and Bethea et al. (2008) emphasized the role of server-side verification in ensuring fair play [3]. Bethea et al. (2008) developed a server-side approach for verifying client behavior, effectively detecting discrepancies between reported and actual in-game actions [4]. Predictive analytics has emerged as a powerful tool for detecting and mitigating irregularities in gaming environments. Pinto et al. (2021) introduced a deep learning framework for cheat detection using multivariate time series, showcasing the effectiveness of predictive models in identifying deviations from normal player behavior [5].

This research essay emphasizes the importance of employing multi-disciplinary approaches - cybersecurity, data analytics, and game design- to prevent or reduce video game layer cheating and maintain fairness in online gaming.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Anti-cheat systems use memory scanning tools, encryption of sensitive game data, and kernel-level monitoring to identify and block unauthorized memory modifications. Some systems deploy integrity checks, which verify whether critical memory regions match expected values, and utilize obfuscation techniques to make it harder for cheaters to identify and manipulate memory structures.

Developers implement predictive algorithms that estimate expected player actions based on in-game physics and previous inputs. Any deviations from these predictions are flagged for validation against the game rules. Suspicious activities, such as movement outside predefined boundaries, trigger further scrutiny or immediate corrective measures, such as disconnection or action rollback.

Telemetry systems continuously track player actions, such as movement speed, firing rates, and interaction patterns. Data is processed in real-time using anomaly detection algorithms to spot deviations from expected gameplay metrics. Heatmaps and analytics tools provide additional insights for manual review by developers or automated enforcement measures. The list of most commonly used methodologies and approaches in video game security is provided in Table 1.

Table 1

**Brief classification of modern video game security methodologies**

Security Methodology	Focus Area	Techniques Used	Challenges
Memory Protection	Runtime Data Integrity	Memory encryption, kernel-level monitoring, integrity checks	High resource consumption, potential for false positives
Server-Side Validation	Gameplay Action Verification	Predictive algorithms, action rollbacks, discrepancy analysis	Latency issues, balancing responsiveness and accuracy
Behavioral Analysis	Player Activity Monitoring	Machine learning, anomaly detection, pattern recognition	Evolving cheat strategies, privacy concerns
Predictive Resource Provisioning	Server Optimization & Scalability	Time-series forecasting, load balancing, resource pre-allocation	Resource over-provisioning, adapting to dynamic workloads

\* based on authors research work and publicly available materials

There are many modern software tools, frameworks and algorithms that is used in the field of video games security, among them the most prominent are the following:

- Frameworks: BattleEye - anti-cheat engine widely used in multiplayer games; Easy Anti-Cheat - protects against cheating and unauthorized game modifications; Valve Anti-Cheat - built for Steam games to detect and ban cheaters.
- Programming Languages: C++ - core game engine development and memory management; JavaScript - Web3 and blockchain-based game behavior monitoring; C# - game development with frameworks like Unity, including anti-cheat integration.
- Mathematical Algorithms: linear regression - used in predictive modeling for player behavior and resource provisioning; support vector machines - anomaly detection in telemetry data. Neural Networks: Deep learning for classifying cheaters and legitimate players; Kalman filter - predictive tracking for player movements to identify irregularities; game theory - analyze and predict cheating behaviors as strategic actions.

In all current cryptanalysis methods, the core idea of cryptanalysis is to design an effective cipher distinguisher and use the classification results of the distinguisher to reduce

the candidate key space, so as to reduce the difficulty of further cryptanalysis. It is often used to distinguish between plaintext and ciphertext to assist cryptanalysis. In the traditional differential analysis, the first thing is to find a high probability differential feature, and then construct the differential distinguisher through the high probability differential feature. The construction of the differential distinguisher depends more on the possible defects of the algorithm itself, and the construction process relies heavily on manual derivation, which greatly slows down the cryptanalysis process. In recent years, relying on automated search technology to find differential distinguishers has gradually become the mainstream method [4] of differential distinguisher construction.

### 3. STATE OF VIDEO GAMES SECURITY

Although cheating has decreased thanks to modern techniques, there are still system performance and privacy issues. More reliable encryption methods and AI-powered detecting systems might be future developments. Security researchers and game makers must work together. To prevent false positives, server-side validation needs to be carefully calibrated. Transparency and compliance with privacy laws are necessary to balance user confidence and extensive surveillance.

Table 2

**Overview of tools and techniques used to prevent video games cheating server-side**

Category	Focus	Tools & Techniques	Purpose	Challenges
<b>Protecting Against Data and Memory Injections</b>	Runtime Data Security	Memory encryption, obfuscation, integrity checks, kernel-level monitoring	Prevent unauthorized data modifications or memory hacks	High computational costs, risk of system instability
<b>Observing Suspicious Player Activity</b>	Real-Time Behavior Monitoring	Predictive algorithms, action rollbacks, anomaly detection models	Detect and flag unusual actions (e.g., speed hacks, teleportation)	False positives impacting legitimate players
<b>Building Real-Time Player Profiles</b>	Continuous Player Profiling	Machine learning models, behavioral clustering, in-game action tracking	Identify patterns of cheating or bot-like behavior	Managing large-scale player data while ensuring privacy
<b>Telemetry for Irregular Gameplay Detection</b>	Logging and Analysis of Player Activity	Event logging, heatmaps, statistical outlier detection, data mining tools	Detect and analyze deviations from normal gameplay metrics	Balancing surveillance and player trust, data storage costs

\* based on authors research work and publicly available materials

In recent years, based on the goal of improving the accuracy of neural distinguisher, scholars have proposed a series of improvements. These improvements include using more ciphertext pairs as input and using more complex and powerful neural networks. Gohr proposed a neural discriminator based on residual neural network for Speck32/64 [6]. Combined with Bayesian optimization, Gohr further proposed a deep learning-based key recovery attack, which was successfully applied to 11-round and 12-round Speck32/64. Compared with the traditional cryptanalysis method, this new attack includes two additional operations in addition to decryption. The first operation is to send the decrypted ciphertext pair to the neural distinguisher and obtain the output of the neural distinguisher. The second operation relies on Bayesian optimization to recommend a batch of key guesses that are most likely to be correct for verification at each iteration. In addition, Gohr adopts a reinforcement learning mechanism to dynamically allocate computing resources. During the attack, a batch of ciphertext structures is generated for multiple iterations.

#### 4. MODERN METHODOLOGIES TO PREVENT PLAYER CHEATING IN MULTIPLAYER VIDEO GAMES

Existing methods and modern approaches have significantly reduced cheating, they present challenges such as system performance impacts and potential privacy concerns. Future advancements may include AI-powered detection algorithms and stronger encryption techniques to enhance protection while maintaining system efficiency. Collaboration between game developers and security researchers is crucial to stay ahead of evolving cheating strategies.

Server-side validation has proven effective in reducing instances of cheating, but it requires careful calibration to avoid false positives, which can frustrate legitimate players. As player strategies evolve, prediction models must adapt to discern legitimate skillful behavior from potential exploits, highlighting the importance of machine learning integration in future systems.

Telemetry has been instrumental in identifying irregular activity, concerns over player privacy and data security remain significant challenges. Balancing robust surveillance with user trust requires transparency and adherence to privacy regulations. Future systems may rely on decentralized data processing and anonymized metrics to minimize privacy risks while maintaining effective monitoring.

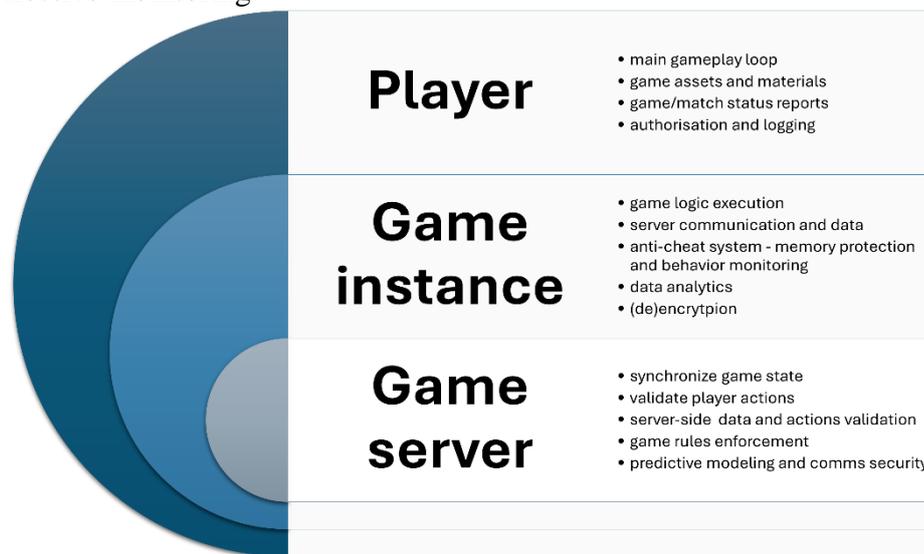


Figure 1. Main components of modern multiplayer video game security (based on authors research work)

#### CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

The integration of advanced technologies in video game security, such as memory injection prevention, server-side validation, and telemetry-based surveillance, has significantly improved the detection and mitigation of cheating and irregular player behavior. These methods collectively enhance the fairness and integrity of online gaming environments.

Memory injection countermeasures, like encryption and kernel-level monitoring, effectively reduce exploits, though they face ongoing challenges in balancing system performance and privacy concerns. Similarly, server prediction and validation techniques reliably identify suspicious actions but require continuous updates to prevent false positives and adapt to evolving gameplay tactics.

Telemetry-based player activity surveillance has emerged as a vital tool for real-time detection of irregularities, leveraging sophisticated analytics and anomaly detection algorithms. However, privacy concerns and the potential misuse of player data underscore the need for transparent practices and robust data protection mechanisms. Moving forward, the incorporation of artificial intelligence and machine learning into these systems offers promising avenues to further refine detection accuracy and adaptability. Collaboration between developers, researchers, and regulatory bodies will be crucial to ensure these technologies maintain player trust while effectively combating unfair practices.

## REFERENCES

- [1] Lehtonen, S. (2020). Comparative study of anti-cheat methods in video games. University of Helsinki, Faculty of Science. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/89d7c14b-58e0-441f-a0de-862254f95551/content>.
- [2] Kalutarage, H. K., Shaikh, S. A., Wickramasinghe, I. P., Zhou, Q., & James, A. E. (2015). Detecting stealthy attacks: Efficient monitoring of suspicious activities on computer networks. *Computers & Electrical Engineering*, 47, 327-344. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.07.007>.
- [3] Grant, J., & Muhammad, J. (2022, January). Video Game Anti-Cheat Software and Its Importance to a Game's Success. In *ADMI 2022: The Symposium of Computing at Minority Institutions*. <https://par.nsf.gov/biblio/10344948>.
- [4] Bethea, D., Cochran, R. A., & Reiter, M. K. (2008). Server-side verification of client behavior in online games. *ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC)*, 14(4), 1-27. <https://doi.org/10.1145/2043628.2043633>.
- [5] Pinto, J. P., Pimenta, A., & Novais, P. (2021). Deep learning and multivariate time series for cheat detection in video games. *Machine Learning*, 110(11), 3037-3057. <https://doi.org/10.1007/s10994-021-06055-x>.

**Андрій Сагун**

к.т.н., доцент

Кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки НУБіП України, Київ, Україна

ORCID ID 0000-0002-5151-9203

a.sagun@nubip.edu.ua

## ОСОБЛИВОСТІ КРИПТОАНАЛІЗУ СУЧАСНИХ ГЕШ-ФУНКЦІЙ, ЩО МІСЯТЬ КРИПТОГРАФІЧНУ СІЛЬ

**Анотація.** Існуючі методики криптоаналізу геш-функцій забезпечують різні можливості по їх компрометації. У випадку застосування криптографічної солі традиційний криптоаналіз може бути вкрай неефективним. На прикладі алгоритму електронного підпису Falcon, що базується на складності розв'язання задачі найкоротшого вектору GPV досліджується підходи до побудови стійких криптографічних схем з використанням геш-функцій. Показано, що GPV є підходом підхід до побудови криптографічних схем, який дозволяє гарантувати захищеність даних від квантових технологій зламу.

**Ключові слова:** квантова криптографія, геш-функція, криптоаналіз, атаки на геш-функції, алгебра ґраток.

### 1. ВСТУП

Існує багато технічних і криптографічних технік аналізу хеш-функцій, суть яких полягає в спробах підібрати кілька паролів, використовуючи одну й ту саму односторонню функцію, а потім перевірити результат для відновлення праобразу.

Більш швидким різновидом атаки методом грубої сили є використання «веселкових» таблиць, але через ряд факторів даний метод функціонує повільніше, ніж обчислення в реальному часі. Для ускладнення підбору гешів паролів в системах UNIX додається криптографічна "сіль". Сіль є ефективним методом захисту шифрованих даних від зламу – особливо від атак з використанням «веселкових» таблиць [1], але від інших типів атак «сіль» є неефективною.

Розглянемо хеш-функцію в системі електронного підпису (ЕП) Falcon (Falcon Digital Signature). Він базується на складності розв'язання задачі найкоротшого вектора (Shortest Vector Problem, SVP) у ґратках NTRU (N-th degree Truncated Polynomial Ring).

Порівняно з традиційними для використання в системах ЕП функціях типу SHA даний алгоритм має певні переваги, а саме: 1) використовує дискретне швидке перетворення Фур'є для роботи з поліномами, що забезпечує високу швидкість генерації та перевірки ЕП; 2) має відносно малий розмір вихідного значення, що робить його зручним для використання в системах з обмеженими обчислювальними ресурсами; 3) має захист від квантових атак, що робить його перспективним вибором для майбутніх систем.

Перетворення GPV [2], що використовується в системі ЕП Falcon, вимагає, щоб геш-функція  $H$  була захищена від колізій. Через такі вимоги розмір солі в бітах має бути не меншим за  $2*\lambda$ , де  $\lambda$  – рівень безпеки, що вимагається згідно [5]. Але, за умовами конкурсу NIST [3,4] кількість запитів на генерування ЕП (signature queries) не може бути більшою за  $qs=2^{64}$ , що вимагає відповідного розміру солі, який можна сформулювати так:  $\lambda+\log_2(qs)$ . В табл. 1 наведено вимоги щодо розмірів солі з врахуванням вимог NIST для 5 – 7 рівнів безпеки ЕП Falcon.

Як описано в роботі [5], основними атаками для ЕП Falcon є атаки на відновлення особистого ключа з відомого відкритого ключа ЕП та атаки, спрямовані на підробку ЕП.

## 2. АТАКИ НА ВІДНОВЛЕННЯ ОСОБИСТОГО КЛЮЧА

Можуть бути найбільш небезпечними.

У ряді криптосистем, стійкість яких ґрунтується на проблемі NTRU[1], для випадку, коли поліноми  $f$  та  $g$  мають коефіцієнти в діапазоні  $\{0, 1, -1\}$ , виникає проблема забезпечення стійкості від комбінованих атак. Даний факт уможливорює комбінаторні атаки. Тому, найефективнішою атакою є гібридна атака. Внаслідок атаки визначається частину вектору комбінаторними шляхами (за умови не збільшення розміру модуля  $n$ ). В [6] показано, що для захисту від такої атаки треба збільшити рівень безпеки до  $2^{512}$ . Проти алгоритму Falcon такі атаки неможливі, оскільки поліноми  $f$ ,  $g$  обираються згідно з нормальним розподілом по заданим параметрам. Залишається тільки прямий шлях відновлення особистого ключа з наявного відкритого ключа шляхом редукції базису решітки, що описано в [2,7–9].

Таблиця 1

### Вимоги щодо розмірів до для 5 – 7 рівнів безпеки ЕП Falcon

Розмір геша та розмір солі ( $r$ )	Розмір солі з врахування вимог NIST
256+512	320
384+768	448
512+1024	576

## 3. АТАКИ НА БЕЗПОСЕРЕДНЬО ПІДРОБКУ ЕП

При реалізації даної атаки треба визначити достатньо короткий вектор  $s$ . Стійкість найкращого алгоритму пошуку найменшого вектору оцінюється числом  $2^{0.292B}$ , де  $B$  – розмір блоку ітераціях редукції. Якщо для криптоаналізу застосовувати алгоритм Гровера, мінімальна оцінка стійкості при розмірі 256 біт складає  $2^{0.265B}$  квантової стійкості (класична стійкість дорівнює 256 біт). Тому, для алгоритмів ЕП, що засновані на решітках квантова стійкість в разі класичної стійкості 256 біт є суттєво більшою за 128 біт.

Оцінки криптостійкості в роботі [10] отримувалися з розміру блоку довжиною  $0,265B$  та  $0,292B$  [2, 3]. Але такі оцінки є досить ґрубими.

Значення параметрів, наведені в [11], при застосуванні в механізмі Dilithium не забезпечують стійкість ЕП від класичних атак за довжиною хешу 256 бітів. В разі, якщо розмір  $n=512$ , час формування підпису є занадто великим – в такому разі треба збільшити значення  $q$  приблизно в два рази.

При виборі розмірів загальних параметрів та ключів виникає значний конфлікт між характеристиками стандартів ЕП Falcon та Dilithium, зокрема щодо їх стійкості та складності обчислень. Збільшення розмірів параметрів і ключів призводить до підвищення складності обчислювальних перетворень, і навпаки. Що стосується теоретичних підходів до побудови загальних параметрів та ключів для ЕП Falcon та Dilithium, то вони загалом є зрозумілими, а за умови використання [2, 12, 10, 11], тоді існує можливість побудувати їх так само і для більш високих рівнів безпеки (6-го та 7-го). Саме на цих рівнях може бути забезпечено необхідні розрядності солі в 384 і 512 біт захисту від класичних атак, 192 та 256 біт захисту від квантових атак.

## ВИСНОВКИ

Можна стверджувати, що GPV є підходом підхід до побудови криптографічних схем. Даний підхід дозволяє гарантувати захищеність даних від квантових технологій зламу. В той самий час математичні методи Falcon та Dilithium є теоретичною основою для створення постквантових проектів по стандартам ЕП Falcon та Dilithium.

## ПОСИЛАННЯ

1. Jakobsson, M., & Dhiman, N. The Benefits of Understanding Passwords. In: Mobile Authentication, Springer, New York, NY, pp. 5–24, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-9222-9\_2.
2. Falcon: Fast-Fourier Lattice-based Compact Signatures over NTRU. Round 3 Submissions. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography/round-3-submissions>
3. Gorjan Alagic NISTIR 8309 Status Report on the Second Round of the NIST Post-Quantum Cryptography Standardization Process / Gorjan Alagic, Jacob Alperin-Sheriff, Daniel Apon, David Cooper, Quynh Dang, John Kelsey, Yi-Kai Liu, Carl Miller, Dustin Moody, Rene Peralta, Ray Perlner, Angela Robinson, Daniel Smith-Tone. Режим доступу: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8309>.
4. Chen L Report on Post-Quantum Cryptography / Chen L, Jordan S, Liu Y-K, Moody D, Peralta R, Perlner RA, Smith-Tone D // (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD), NIST Interagency or Internal Report (IR) 8105 (2016). Режим доступу: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8105>.
5. Горбенко І. Д. Методи, методика та результати порівняльного аналізу кандидатів на постквантовий стандарт електронного підпису / І. Д. Горбенко, О. Г. Качко, М. В. Єсіна, В. А. Пономар // XX Ювілейна Міжнар. наук.-практ. конференція "Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах", 22-24 травня, 2018, м. Буча. С. 96-97.
6. Nick Howgrave-Graham A hybrid lattice-reduction and meet-in-the-middle attack against NTRU. In Alfred Menezes, editor, CRYPTO 2007, volume 4622 of LNCS, pages 150–169, Santa Barbara, CA, USA, August 19-23, 2007. Springer, Heidelberg, Germany.
7. Martin R. Albrecht On the complexity of the BKW algorithm on LWE / Martin R. Albrecht, Carlos Cid, Jean-Charles Faugère, Robert Fitzpatrick, Ludovic Perret // Designs, Codes and Cryptography, 74: 325-354, 2015.
8. Ronald Cramer, Léo Ducas, Benjamin Wesolowski Short stickelberger class relations and application to ideal-SVP. In Coron and Nielsen, pages 324-348.
9. І.Д.Горбенко. Методики та алгоритми криптографічного захисту інформації/ І.Д. Горбенко, О.Г.Качко, О.В.Потій, А.М.Олексійчук, Ю.І.Горбенко, М.В.Єсіна, І.В.Стельник, В.А.Пonomар. // Радіотехніка. 2021. Вип. 205. С.5-21.
10. Горбенко Ю. І. Аналіз стійкості постквантового електронного підпису Dilithium до атак на помилки / Ю.І. Горбенко, О.С. Дроздова // Радіотехніка. 2020. Вип. 202. С. 49 – 56.
11. Горбенко І. Д. Методи обчислення системних параметрів для електронного підпису «Cr stalsDilithium» 128, 256, 384 та 512 біт рівнів безпеки / І. Д. Горбенко, А. М. Олексійчук, О. Г. Качко, Ю. І. Горбенко, М. В. Єсіна, С. О. Канди // Радіотехніка. 2020. Вип. 202. С. 5-28.
12. Léo Ducas Crystals-Dilithium: Algorithm Specifications and Supporting Documentation. Round 3 Submissions. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://csrc.nist.gov/Projects/post-quantumcryptography/round-3-submissions>.

**Максим Місюра**

к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет інформаційних  
технологій, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-9061-3462  
mdm@nubip.edu.ua

## КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕПЛИЦЕЮ

**Анотація.** Теплиці є одним з найбільш ефективних засобів для вирощування рослин, оскільки вони створюють сприятливі умови для їхнього росту та розвитку. Однак для забезпечення максимальної продуктивності теплиць необхідно постійно контролювати різні параметри середовища, такі як температура, вологість, освітленість, а також інші фактори, які безпосередньо впливають на здоров'я та продуктивність рослин. У зв'язку з цим створення комп'ютерно-інтегрованої системи управління теплицею стає важливим завданням, оскільки це дозволяє автоматизувати та оптимізувати процеси вирощування рослин. Метою дослідження є розробка ефективної і надійної системи управління теплицею, яка б могла автоматично збирати та аналізувати дані про параметри мікроклімату. Основні параметри, які необхідно контролювати, включають температуру повітря, вологість та освітленість. На основі отриманих даних система має можливість автоматично коригувати мікроклімат у теплиці, виконуючи налаштування для таких компонентів, як вентилятори, системи поливу та освітлення. Це дає змогу підтримувати оптимальні умови для росту та розвитку рослин, підвищуючи їхній обсяг продукції та якість. Запропонована система може бути застосована в різних галузях сільського господарства та тепличного господарства, зокрема в індивідуальних фермерських господарствах та комерційних теплицях, що дозволяє автоматизувати контроль і регулювання мікроклімату у теплицях та інших закритих приміщеннях. Це не лише спростить роботу агрономів, але й дозволить зберегти ресурси та підвищити ефективність виробництва. Для успішної розробки системи управління теплицею з використанням комп'ютерних технологій необхідно виконати кілька ключових етапів дослідження. Перш за все, необхідно провести вибір та аналіз датчиків, що використовуються для вимірювання параметрів мікроклімату. Далі слід створити програмне забезпечення для збору даних та управління устаткуванням, яке дозволить зручніше та ефективніше контролювати умови в теплиці. Важливим етапом є встановлення необхідного обладнання, яке забезпечить функціонування системи, а також проведення експериментальних досліджень з метою перевірки ефективності розробленої системи. Таким чином, дана робота має за мету забезпечити інноваційний підхід до управління теплицями, активно впроваджуючи комп'ютерні технології у сільське господарство для досягнення максимальної продуктивності та оптимізації ресурсів.

**Ключові слова:** теплиця; управління мікрокліматом; автоматизація; комп'ютерні технології; комп'ютерні системи; сільське господарство; датчики; програмне забезпечення.

### 1. ВСТУП

Теплиці є значним досягненням у сфері сільськогосподарських технологій, оскільки вони дозволяють вирощувати рослини в контрольованому середовищі, що не залежить від зміни пір року чи кліматичних умов. Це забезпечує можливість підтримувати оптимальні умови для росту рослин, що є особливо важливим у регіонах зі складними кліматичними умовами або обмеженим доступом до якісних сільськогосподарських земель. Промислові теплиці стали невід'ємною частиною сільськогосподарської інфраструктури, оскільки вони забезпечують стабільне постачання свіжих овочів і фруктів протягом усього року. Це, в свою чергу, позитивно впливає на харчування населення, надаючи необхідні вітаміни та мікроелементи в раціоні без залежності від пори року.

**Постановка проблеми.** Основною метою даного дослідження є створення ефективної системи управління теплицями. Для реалізації цієї мети буде необхідно розробити комп'ютерну систему, яка автоматично збирає і аналізує дані про мікрокліматичні умови, такі як температура, вологість повітря та рівень освітленості. Використовуючи ці дані, система зможе автоматично управляти мікрокліматом теплиці, контролюючи роботу вентиляторів, систем поливу та освітлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наразі спостерігається активний розвиток комп'ютерно-інтегрованих систем для управління теплицями, що демонструє важливість автоматизації в аграрному секторі. Багато досліджень підкреслюють, що впровадження таких систем може суттєво поліпшити мікрокліматичні умови в теплицях, що, в свою чергу, сприяє підвищенню врожайності та якості сільськогосподарських культур. Наприклад, у роботі [1] автори відзначають, що автоматизовані системи контролю параметрів клімату дозволяють досягати оптимальних умов для росту рослин, що веде до значного збільшення врожаю. Дослідження показують, що використання програмного забезпечення для автоматизації управління системами також веде до зменшення витрат на ресурси, економії часу та зростання ефективності сільськогосподарських процесів. У статті [2] дослідники демонструють, як впровадження алгоритмів управління в реальному часі позитивно впливає на потреби рослин, знижуючи при цьому енергетичні та водні витрати.

Крім того, інтерес до інтеграції новітніх технологій, таких як Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI), зростає. У цій сфері, згідно з дослідженням [3], інтерфейс між сенсорами та управлінським програмним забезпеченням дозволяє здійснювати не лише моніторинг, а й прогнозування зміни умов середовища, що є критично важливим для підтримки оптимального мікроклімату та адаптації до змін.

Перспективи подальших досліджень включають не лише вдосконалення алгоритмів автоматизованого управління, а й вивчення економічних аспектів впровадження комп'ютерних систем. Згідно з дослідженням [4], системний підрахунок витрат та вигод при автоматизації теплиць може допомогти оцінити економічну ефективність цих технологій і рекомендувати їх впровадження для сільгоспвиробників.

**Мета публікації.** Одержані результати можуть бути широко застосовані в різноманітних типах теплиць завдяки гнучкості та масштабованості розробленої комп'ютерної системи управління.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Комп'ютерно-інтегровані системи для управління теплицями використовують мікропроцесорні контролери, такі як Arduino, разом із датчиками для моніторингу зростання рослин. Ці контролери автоматично збирають дані про температуру, вологість та рівень освітленості. Завдяки технологіям Інтернету речей (IoT), можливий дистанційний контроль і управління системами в реальному часі. Програмні алгоритми аналізують дані для оптимізації умов росту рослин, підвищуючи їхню врожайність і зменшуючи витрати ресурсів. Отже, використання мікроконтролерів та IoT у теплицях сприяє автоматизації та підвищенню ефективності агровиробництва.

## 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальна база досліджень включає використання мікропроцесорних контролерів, таких як Arduino, які служать основою для збору та аналізу даних про умови в теплицях. У рамках експерименту встановлюються різноманітні датчики для вимірювання ключових параметрів середовища, зокрема температури, вологості,

освітленості і рівня CO<sub>2</sub>. Додатково використовуються аксесуари, такі як реле для управління системами поливу та вентиляції, що дозволяє автоматизувати процеси на основі отриманих даних. Інтеграція з платформами IoT дає змогу здійснювати моніторинг у реальному часі та зберігати дані для подальшого аналізу. Експериментальна база також включає розробку програмних алгоритмів, які обробляють зібрані дані, оцінюють їх з точки зору ефективності вирощування рослин та здійснюють адаптацію умов на основі отриманих результатів. Це дозволяє ставити та тестувати різноманітні гіпотези щодо оптимізації управління теплицями, обґрунтованого підходу до ресурсоспоживання та підвищення врожайності.

#### **4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи управління теплицями є важливим та перспективним напрямком. Ця система забезпечить оптимальні мікрокліматичні умови, що підвищить врожайність, якість культур і зменшить витрати ресурсів. Дослідження здійснюються через експерименти та програмне забезпечення, яке автоматично регулює елементи системи відповідно до потреб рослин. Очікувані результати включають стійкий оптимальний мікроклімат, збільшення врожайності та підвищення ефективності функціонування системи. Створення такої комп'ютеризованої системи є критично важливим для поліпшення вирощування рослин та ефективності використання ресурсів.

#### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи для управління теплицями є важливим кроком у вдосконаленні аграрних технологій. Система має потенціал створення оптимальних мікрокліматичних умов, що сприятиме збільшенню врожайності, покращенню якості продукції і зниженню витрат ресурсів. Впровадження таких технологій може суттєво підвищити ефективність сільського господарства та сприяти сталому використанню природних ресурсів. Подальші дослідження повинні зосередитися на тестуванні та вдосконаленні програмного забезпечення для автоматизації управління теплицями. Це включає впровадження нових алгоритмів моніторингу і адаптації мікрокліматичних умов на основі потреб рослин у режимі реального часу.

#### **ПОСИЛАННЯ**

- [1] A. Smith, J. Doe, "Automated Climate Control in Greenhouses: A Case Study," *International Journal of Agricultural Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 123-135, 2022.
- [2] R. Johnson, M. Lee, "Real-time Plant Needs Monitoring Using Advanced Algorithms," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 28, no. 1, pp. 45-56, 2023.
- [3] L. Brown, C. Green, "Integration of IoT and AI in Greenhouse Management," *Journal of Smart Agriculture*, vol. 10, no. 2, pp. 78-88, 2023.
- [4] P. White, "Cost-Benefit Analysis of Automated Greenhouse Systems," *Agro-Economic Review*, vol. 22, no. 4, pp. 201-215, 2023.

### **Борис Гусєв**

кандидат технічних наук, доцент, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1658-7822>  
[gusevbs@ubip.edu.ua](mailto:gusevbs@ubip.edu.ua)

### **Олександр Самощенко**

кандидат технічних наук, доцент, доцент  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
кафедра комп'ютерної інженерії, м. Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9999-476X>  
[aleksandr.samoshchenko@gmail.com](mailto:aleksandr.samoshchenko@gmail.com)

### **Олег Кулініч**

кандидат технічних наук, доцент, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0643-6898>  
[o.kulinich@nubip.edu.ua](mailto:o.kulinich@nubip.edu.ua)

## **АЛГОРИТМ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ ДІЛЕННЯ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ У ВИГЛЯДІ ВІДОБРАЖЕНЬ**

**Анотація.** Арифметична операція ділення цілих чисел представлена за допомогою перетворення поліномів доповняльних кодів (ДК). Перевага математичної моделі характеризується формуванням поліномів додатних та від'ємних цілих чисел одним виразом. Визначена залежність області визначення відображення операндів в ДК та розрядності полінома, а також сформований алгоритм визначення спеціального полінома частки при всіх можливих комбінаціях значення знакових розрядів. При цьому показано, що поліном частки визначається за допомогою значень знакових розрядів часткових залишків діленого, які, в свою чергу, визначаються за допомогою додавання перетвореного або неперетвореного ДК дільника до зсунутого на один розряд вліво коду попереднього ДК часткового залишку. Доведено, що збільшення значення ДК часткового залишку діленого зводиться до модифікованого зсуву вліво ДК залишку діленого з втратою знакового розряду. Сформовані логічні вирази для фіксації ознаки переповнення частки. Приведений алгоритм перетворення полінома частки в підсумковий ДК частки. Для математичного опису ДК цілих чисел використовується зміщений по модулю код. Задача ділення цілих чисел зведена до операції ділення поліномів ДК. Запропонований алгоритм для визначення поліному частки, що не залежить від знаків операндів. Сформований алгоритм обчислення коректного ДК залишку діленого для всіх комбінацій знакових розрядів операндів.

**Ключові слова:** комп'ютерне подання даних; комп'ютерне ділення; зміщений код; доповняльний код; залишок від ділення; ознака переповнення.

### **1. ВСТУП**

В сучасних комп'ютерних системах при виконанні операції цілочислового ділення використовуються операнди, представлених у вигляді зображень, як правило, з використанням ДК. Операція ділення виконується над операндами сумісно з їх знаками, а результат відразу представляється у вигляді зображень початкових даних.

**Постановка проблеми.** Проектування апаратних засобів комп'ютерних систем, зокрема арифметичних пристроїв, передбачає застосування нових підходів до організації обчислювальних процесів, які забезпечують виконання заданих операцій.

Арифметична операція ділення цілих чисел, представлених у вигляді відображень, відрізняється достатньою алгоритмічною складністю, тому для забезпечення реалізації більш оптимальних структур арифметичних пристроїв необхідно розглянути теоретичні засади побудови, математичні моделі, що дозволять виконувати розробку і оптимізацію методів виконання арифметичних операцій, а також практичну реалізацію арифметичних пристроїв, призначених для виконання операцій ділення операндів з фіксованою комою, представлених у вигляді сучасних комп'ютерних відображень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Операція ділення цілих чисел, представлених в ДК, є беззаперечною складовою перетворень в сучасних комп'ютерних системах [1], [2]. У зв'язку з достатньою алгоритмічною складністю цієї операції велика увага приділяється необхідності оптимізації ресурсів операційних пристроїв ділення [2]. В значній мірі зміст досліджень стосується використання додатних операндів, в результаті чого отримані ефективні методики створення пристроїв ділення беззнакових чисел. Крім цього, запропоновані методики створення пристроїв ділення знакових чисел, які передбачають алгоритмічну та апаратну модифікацію блока ділення додатних чисел [3], [4]. Достовірність таких рішень в значній мірі обґрунтована результатами чисельних експериментів [5], [6]. Альтернативним варіантом створення пристроїв ділення цілих чисел в ДК є зведення і розв'язок вказаної задачі до операції ділення поліномів ДК знакових чисел з узагальненим алгоритмом визначення спеціального полінома частки при усіх комбінаціях знаків операндів.

**Мета публікації.** Метою дослідження є розв'язок задачі виконання ділення в системі ДК, що ґрунтується на використанні теорії зміщених кодів, понятті модульності при кодуванні, контролі ознаки переповнення за результатами аналізу знаків операндів та часткового залишку діленого, що дозволяють підвищити ефективність виконання операцій ділення цілих чисел у вигляді відображень.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Обчислення частки від ділення цілих чисел визначено співвідношенням  $A = B \cdot D + C$ , де  $A = \pm|A|$ ,  $B = \pm|B|$ ,  $C = \pm|C|$ ,  $D = \pm|D|$  – коди діленого, дільника, частки та залишку відповідно, причому  $|C| < |B|$ . Відображення дільника, частки і залишку в ДК вказано  $n$ -розрядним поліномом  $Op^K(n,1) = [N_{Op}] Op^K(n-1,1) = (V + Op)_{mv} = V \cdot N_{Op} + Op$ , де  $n$  – розрядність операндів,  $(n,1)$  – поле розрядів операнду від  $n$  до  $1$ ,  $V = 2^n$  – параметр відображення  $n$ -розрядного ДК,  $(X)_{mv}$  – позначення процедури обчислення залишку коду  $X$  за модулем  $V$ ,  $Op^K(n-1,1)$  –  $n$ -розрядні ДК операндів,  $N_{Op}$  – значення знакового розряду операнду. Область визначення  $n$ -розрядної функції  $Op^K(n,1)$  для дільника, частки та залишку визначається за виразом  $Op \in [0; V/2 - 1]$ , якщо  $Op \geq 0$  і  $Op \in [-V/2; -1]$ , якщо  $Op < 0$ . Область визначення  $2n$ -розрядної функції діленого  $A^K(2n,1)$  визначається як  $A \in [0; V^2/2 - 1]$ , якщо  $A \geq 0$  і  $A \in [-V^2/2; -1]$ , якщо  $A < 0$ . Далі в роботі аналітично визначаються результати обчислення частки та залишку при різних комбінаціях знаків діленого і дільника, в результаті чого отримані аналітичні вирази для визначення залишку ілюструють однакові результати незалежно від знаків операндів.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В роботі запропонована математична модель для виконання операції ділення цілих чисел у вигляді відображень з використанням перетворення поліномів ДК:

1. Математична модель характеризується формуванням поліномів додатних та від'ємних цілих чисел за допомогою одного виразу.

2. Визначена залежність області визначення відображення операндів в ДК та розрядності полінома.

3. Сформований алгоритм визначення спеціального полінома частки при всіх можливих комбінаціях значення знакових розрядів. Показано, що поліном частки визначається за допомогою значень знакових розрядів часткових залишків діленого, які визначаються за допомогою додавання перетвореного або неперетвореного ДК дільника до зсунутого на один розряд вліво коду попереднього часткового залишку. Приведений алгоритм перетворення полінома частки в підсумковий код частки не залежить від знаків операндів.

Для математичного опису ділення ДК цілих чисел використовується зміщений за модулем код. Задача ділення цілих чисел зведена до операції ділення поліномів ДК. Сформований алгоритм обчислення коректного залишку діленого для всіх комбінацій знакових розрядів операндів.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Запропонований підхід для формалізованого опису операції ділення цілих операндів, що базується на використанні зміщеного кодування і виконанні дій за допомогою пріоритетного використання модулярності даних, показав методологічну повноту, чітку математичну послідовність висновків та коректність отриманих результатів.

Наукова новизна результатів полягає у формулюванні теоретичних положень з метою синтезу базових арифметичних пристроїв та розв'язання задачі визначення характерних ознак в операціях ділення цілих операндів. Практична реалізація наведеного підходу дозволяє отримати схеми для ефективного виконання однієї з основних комп'ютерних арифметичних операцій. Запропонований метод передбачає кодування додатних та від'ємних цілих чисел відповідно до однакової математичної залежності. Перспективність результатів дослідження, ґрунтується на доведених математичних відношеннях, нескладності запропонованого алгоритму операції ділення та можливості створення відповідних конкурентоспроможних пристроїв ділення цілих чисел в ДК.

## ПОСИЛАННЯ

[1] William Stallings, Computer organization and architecture: designing for performance, 10th ed. Pearson Education, Inc, 2016, 864 p.

[2] Udayan Patankar, Ants Koel, Review of Basic Classes of Dividers Based on Division Algorithm. Thomas Johann Seebeck Department of Electronics, Tallinn University of Technology, 19086 Tallinn, Estonia. January, 2021. doi 10.1109/ACCESS.2021.3055735.

[3] Anila Ann Varghese et al, FPGA Implementation of Area-Efficient IEEE 754 Complex Divider. Procedia Technology, 24 (2016), pp. 1120 – 1126.

[4] S. Subha. A Modified Synthetic Division Algorithm, International Journal of Computational and Applied Mathematics, ISSN 1819-4966 Volume 12, Number 3 (2017), pp. 691-697.

[5] Muhammad Firmansyah Kasim et al, FPGA Implementation of Fixed-Point Divider Using Pre-Computed Values, Procedia Technology, 11 (2013), pp. 206 – 211.

[6] Samoshchenko, O. V., Gusev, B. S., Lapko, V. V., Mathematical description the divide of integer numbers. [Matematichniy opis operatsiy dilennya tsilykh chisel], Naukovi pratsi Donets'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Seriya "Informatyka, Kybernetyka ta obchysluvalna tekhnika", 2023, No. 2(35)-1(36), pp.85-96.(In Ukrainian), doi:10.31474/1996-1588-2023-1-36-85-96.

**Цзян Сюе**

PhD candidate

1. Bengbu University, Bengbu City, Anhui Province, China

2. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

ORCID ID 0009-0000-1676-2331

jx1283@163.com

**Lakhno Valerii**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Computer Systems, Networks and Cybersecurity

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

ORCID ID 0000-0001-9695-4543

lva964@nubip.edu.ua

## RESEARCH ON DIFFERENTIAL CRYPTANALYSIS BASED ON DEEP LEARNING

**Abstract.** Cryptography is vital for information security in the age of pervasive connectivity. Deep learning has advanced in image classification and natural language processing. Modern block ciphers are complex, making it hard for neural networks to extract plaintext features from ciphertexts. However, combining deep learning with traditional differential cryptanalysis can enhance crypto-attack performance. This integration is a key technological trend. Cryptanalysis is becoming more intelligent and automated, with researchers using deep learning to aid in these tasks. This review explores trends in deep learning-supported differential cryptanalysis, including differential analysis, deep learning models, and classifier design. Despite challenges, deep learning offers significant potential for improving traditional cryptanalysis and future cryptographic solutions.

**Keywords:** deep learning; differential cryptanalysis; differential cryptanalysis; convolutional neural network

### 1. INTRODUCTION

With the development of computer technology and communication technology, information security has become an important factor affecting the development of a country and society. Cryptography plays a pivotal role in ensuring information security, which is widely used in personal privacy protection, business trade, national defense security and other fields [1]. Cryptanalysis is an important branch of cryptography and an important part of intelligence analysis for military activities. The most representative of these statistical analysis methods is differential analysis.

### 2. BASIC PRINCIPLES OF DIFFERENTIAL CRYPTANALYSIS

Differential cryptanalysis is an effective cryptanalysis method for block ciphers, and whether a block cipher can successfully resist differential cryptanalysis has become an important index to measure the security of this cipher algorithm. The main idea of differential cryptanalysis is to obtain some guess information of the key by analyzing the probability non-uniformity of the ciphertext generated by the fixed input differential in the differential propagation, and then reduce the candidate key selection space.

In 1990, Israeli cryptographers Biham and Shamir [2] first proposed differential cryptanalysis, which belongs to the plaintext attack method and is often used to distinguish encrypted ciphertext from random data. Its basic idea is to find a differential path with high probability by analyzing the possible defects in the cryptographic algorithm, and use the differential path to build a differential distinguisher. Because of its characteristics, differential cryptanalysis is very effective in breaking iterative cryptosystems. Therefore, differential cryptanalysis is usually used as the breaking algorithm of iterative block ciphers, and it is also

one of the important indicators to measure the security of ciphers, which plays an important role [3] in cryptanalysis and related fields of cryptographic security.

In all current cryptanalysis methods, the core idea of cryptanalysis is to design an effective cipher distinguisher, and use the classification results of the distinguisher to reduce the candidate key space, so as to reduce the difficulty of further cryptanalysis. It is often used to distinguish between plaintext and ciphertext to assist cryptanalysis. In the traditional differential analysis, the first thing is to find a high probability differential feature, and then construct the differential distinguisher through the high probability differential feature. The construction of the differential distinguisher depends more on the possible defects of the algorithm itself, and the construction process relies heavily on manual derivation, which greatly slows down the cryptanalysis process. In recent years, relying on automated search technology to find differential distinguishers has gradually become the mainstream method [4] of differential distinguisher construction.

### **3. DESIGN OF DIFFERENTIAL CLASSIFIER BASED ON DEEP LEARNING**

There are a variety of machine learning algorithms, such as support vector machine algorithm, naive Bayes algorithm, decision tree algorithm, expectation maximization algorithm, artificial neural network algorithm, and so on. Now deep learning has become a research hotspot in machine learning. The common models include multilayer perceptron, deep neural network, convolutional neural network, recurrent neural network, long short-term memory network, etc [5]. Convolutional neural network is suitable for many fields such as natural language processing, speech processing and computer vision. Recurrent neural networks have great advantages in processing sequential information and speech.

In recent years, based on the goal of improving the accuracy of neural distinguisher, scholars have proposed a series of improvements. These improvements include using more ciphertext pairs as input and using more complex and powerful neural networks. Gohr proposed a neural discriminator based on residual neural network for Speck32/64 [6]. Combined with Bayesian optimization, Gohr further proposed a deep learning-based key recovery attack, which was successfully applied to 11-round and 12-round Speck32/64. Compared with the traditional cryptanalysis method, this new attack includes two additional operations in addition to decryption. The first operation is to send the decrypted ciphertext pair to the neural distinguisher and obtain the output of the neural distinguisher. The second operation relies on Bayesian optimization to recommend a batch of key guesses that are most likely to be correct for verification at each iteration. In addition, Gohr adopts a reinforcement learning mechanism to dynamically allocate computing resources. During the attack, a batch of ciphertext structures is generated for multiple iterations.

### **CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH**

Although deep learning has a certain application in the field of cryptography, its application in the field of cryptanalysis is still in its infancy, and there are many problems to be solved. Summing up all the above, authors believe that the following problems need to be further studied:

1. The combination of ciphertext pair and ciphertext difference is used as the input of the neural network model, although the accuracy and the number of rounds of the distinguisher are improved to a certain extent, it can be further optimized for the data set. In the future work, the idea of multiple differential cryptanalysis can be introduced into the differential neural distinguisher model, and the ciphertext groups and ciphertext difference

groups can be generated through several input differences with high probability as the input of the model, and the key recovery attack can be constructed on the basis of this work.

2. Current researches on deep learning-based block cipher cryptanalysis focus on neural differential cryptanalysis, and no results have been found on the combination of deep learning and other traditional cryptanalysis methods. Differential cryptanalysis is inevitably and more calculated difficult for new ciphers. In summary, the combination of deep learning with other cryptanalysis methods is a worthy research direction.

3. At this stage the data used to train the differentiator is generated by random methods then differential computation, and then encrypted to obtain the training dataset. There are many advanced dataset processing methods in the field of artificial intelligence, and whether these methods can be introduced into the construction of cryptographic differentiator datasets is a question that this paper plans to investigate in the future.

## **REFERENCES**

[1] Pachghare V K. Cryptography and information security[M]. PHI Learning Pvt. Ltd., 2019.

[2] Biham E, Shamir A. Differential cryptanalysis of DES-like cryptosystems[J]. Journal of CRYPTOLOGY, 1991, 4: 3-72.

[3] Singh J, Singh D. A comprehensive review of clustering techniques in artificial intelligence for knowledge discovery: Taxonomy, challenges, applications and future prospects[J]. Advanced Engineering Informatics, 2024, 62: 102799.

[4] Gohr A. Improving attacks on round-reduced speck32/64 using deep learning[C]//Advances in Cryptology–CRYPTO 2019: 39th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, August 18–22, 2019, Proceedings, Part II 39. Springer International Publishing, 2019: 150-179.

[5] Zhao J, Xu S, Zhang Z, et al. Differential analysis of lightweight block cipher GIFT[J]. Journal of Cryptologic Research, 2018, 5(4): 5-13.

[6] Gohr, A. (2019). Improving attacks on round-reduced speck32/64 using deep learning. In Advances in Cryptology–CRYPTO 2019: 39th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, August 18–22, 2019, Proceedings, Part II 39 (pp. 150-179). Springer International Publishing.

**Семен Волошин**

*канд. техн. наук, доцент,*

*доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки НУБіП України*

*ORCID ID: 0000-0002-4913-7003*

*voloshyn@nubip.edu.ua*

**СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СПОЖИВЧОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ  
10/0,4 КВ**

**Анотація.** У статті представлено розробку апаратно-програмного комплексу для моніторингу стану комплектної трансформаторної підстанції (КТП) 10/0,4 кВ. Розглянуто сучасні підходи до енергоменеджменту, систем моніторингу та управління енергоспоживанням, що сприяють оптимізації витрат і підвищенню ефективності використання енергоресурсів. Запропонована система забезпечує контроль основних параметрів підстанції, таких як фазні й лінійні напруги, струми, температура трансформатора, а також управління вуличним освітленням і передачу даних через бездротову мережу. Система сприяє реалізації концепції інтелектуальних мереж та підвищує надійність експлуатації підстанцій.

**Ключові слова:** енергетичний менеджмент, моніторинг енергоспоживання, апаратно-програмний комплекс, трансформаторна підстанція, інтелектуальні мережі.

**1. ВСТУП**

В сучасному виробництві енергоощадність і енергоощадні технології розглядаються як пріоритетні інвестиційні проекти. Перехід підприємств до нових цін на паливо, воду, електроенергію вимагають потребує перегляду існуючих підходів до проектування та використання енергетичних установок. Оптимізація систем виробництва та розподілу енергії, коригування енергетичних і водних балансів дають змогу підвищити перспективність розвитку, а відтак і підвищити техніко-економічні показники функціонування підприємств.

Основним інструментом скорочення витрат енергії і підвищення ефективності її використання на підприємствах є розробка систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Дані системи є складовими системи енергетичного менеджменту – системи управління, що ґрунтується на проведенні типових вимірювань і перевірок, для забезпечення ефективного використання енергоресурсів. Енергетичний менеджмент забезпечує постійне оновлення інформації про розподіл та умови споживання енергії на підприємстві, а також про ефективність цього споживання [1].

Контроль і управління енергоспоживанням може зацікавити з чотирьох основних причин, сприяючи [2]: більш ефективній роботі обслуговуючого персоналу; зниженню витрат на енергоносії; оптимізації й збільшенню термінів експлуатації основного устаткування, приєданого до мережі енергопостачання; зростанню продуктивності процесу (виробничого процесу, адміністративного керування або диспетчеризації інженерних систем будинку, за рахунок запобігання або зниження простоїв, або забезпечення споживачів більш якісною енергією).

Оскільки мережа енергопостачання безупинно розширюється, неминуче постає питання: чи здатна існуюча мережа забезпечити це нове розширення? Саме тут система контролю і управління енергоспоживанням може допомогти службі енергоменеджменту прийняти правильне рішення. Реєструючи події й процеси в мережі, вона може архівувати дані про фактичне використання основного обладнання й потім досить точно оцінити резервну потужність мережі, розподільного щита або трансформатора.

Більш ефективне використання обладнання може збільшити термін його експлуатації. Системи контролю енергоспоживання можуть дати точну інформацію про фактичне використання того або іншого обладнання й після цього група технічного обслуговування може ухвалити рішення щодо виконання відповідної операції обслуговування в оптимальний термін.

Традиційно, системи контролю і управління енергоспоживанням були централізованими й ґрунтувалися на системах автоматизації диспетчерського керування й збирання даних (SCADA).

Через високу вартість, застосування подібних систем (позиція 3 на рис. 1) було обмежене критично важливими установками, оскільки вони або були більшими споживачами енергії або їх технологічний процес був дуже чутливий до зниження якості енергопостачання.

Такі системи ґрунтувалися на технологіях автоматизації й дуже часто проектувалися системним інтегратором відповідно до вимог замовника й потім готовими поставлялися на об'єкт. Однак, більша початкова вартість, високі вимоги до кваліфікації оперативного персоналу і вартість робіт з модернізації, при розширенні мережі енергопостачання, часто були перешкодою для потенційних користувачів.

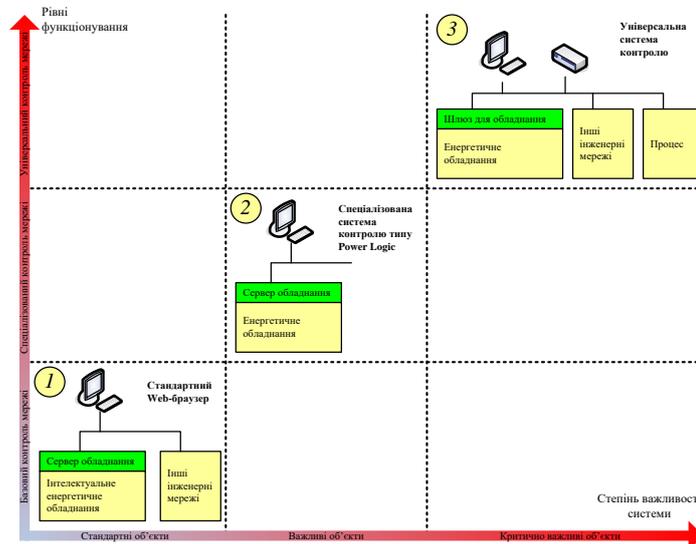


Рисунок 1. Позичіонування систем контролю і управління енергоспоживанням

Інший підхід (позиція 2 рис. 1), що реалізується спеціалізованими технічними рішеннями, набагато більшою мірою відповідає специфічним потребам систем енергоживлення й дійсно підвищує рентабельність таких систем. Але, через використання централізованої архітектури, початкові витрати, як і раніше, залишаються великими.

На деяких об'єктах системи типу (2) і (3) можуть використовуватися спільно, забезпечуючи при необхідності службу енергоменеджменту достовірною інформацією.

У даний час з'явилася нова концепція інтелектуального енергетичного обладнання (позиція 1 рис. 1). Заснована на можливостях Web-технологій, вона пропонує дійсно прийнятне по засобах рішення для більшості користувачів. Крім того, власник об'єкта може поетапно інвестувати в більш складні системи контролю.

Рівень 1 може тоді розглядатися як початковий етап для переходу до рівня 2 або 3 завдяки тому, що ці технічні рішення можуть використовуватися спільно в рамках одного об'єкта.

Фахівцями кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки НУБіП України розроблена система моніторингу стану комплектної трансформаторної підстанції (КТП)

10/0,4 кВ (рис 2). Даний апаратно-програмний комплекс забезпечує реалізацію наступних функцій:

- 1) контроль фазних та лінійних напруг (6 датчиків напруги);
  - 2) контроль струмів у фазах (3 датчики струму підключені через ТС);
  - 3) контроль температури силового трансформатора (датчик температури);
  - 4) управління вуличним освітленням (датчик освітленості з двома комутуючими реле по 10А);
  - 5) архівація даних на карту пам'яті;
  - 6) передавання інформації через безпроводну мережу (GPRS модем).
- Структурна схема системи моніторингу наведена на рис. 5.

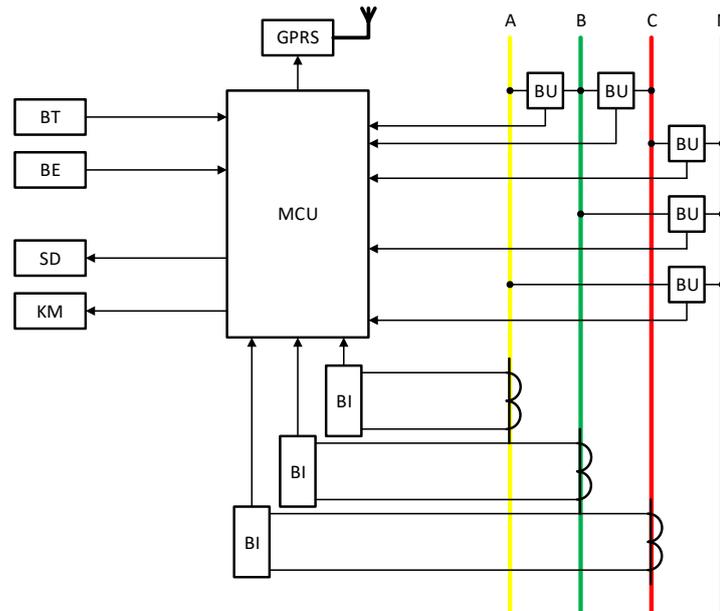


Рисунок 2. Структурна схема системи моніторингу параметрів КТП 10/0,4 кВ:

MCU – мікроконтролер; BU – датчики напруги; BI – датчики струму; GPRS – пристрій передавання даних; BT – датчик температури; BE – датчик освітленості; SD – пристрій зберігання даних; KM – контактор керування вуличним освітленням.

## ВИСНОВКИ

Використання системи моніторингу стану трансформаторної підстанції дозволяє отримувати в режимі реального часу інформацію про завантаженість підстанції, аналізувати стан навантаження по фазах, контролювати температурний режим силового трансформатора, проводити аналіз процесу передавання електроенергії.

Систему можна вважати конкретним кроком на шляху реалізації концепції інтелектуальних мереж, що передбачають впровадження розумних приладів обліку електроенергії, створення центрів управління мережами, а також дозволяють підвищити спостережуваність трансформаторних підстанцій і тим самим підвищити їх експлуатаційну надійність.

## ПОСИЛАННЯ

1. Сучасні проблеми енергозбереження: навчальний посібник / М.Т. Лут, С.М. Волошин, О.В. Окушко, І.П. Радько – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 525 с
2. Electrical Installation Guide / Schneider Electric. 2018.  
[https://www.se.com/ww/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/#xtor=CS4-387-\[Short-URL\]-\[schneider-electric.com/eig\]-\[Print\]-](https://www.se.com/ww/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/#xtor=CS4-387-[Short-URL]-[schneider-electric.com/eig]-[Print]-)

**Yevhen Kuznietsov**

PhD student

KU Leuven

Leuven, Belgium

yevkuzn@gmail.com

## UNSUPERVISED ONLINE ADAPTATION FOR DEPTH ESTIMATION AND SEMANTIC SEGMENTATION IN AUTONOMOUS VEHICLES

**Abstract.** The presented study explores continuous adaptation techniques for monocular depth estimation and semantic segmentation to improve real-time scene understanding capabilities for autonomous vehicles and driver assistance systems. The proposed methodologies enable models to dynamically adjust to new information in video sequences, sustaining high performance amidst ongoing changes in scene appearance, lighting, and other contextual factors. The first contribution is continuous online adaptation for monocular depth estimation, eliminating the need for isolated fine-tuning techniques and retaining information across video frames. The method addresses data drift by perpetually adapting to new frames, preventing overfitting due to limited data diversity. Experience replay is integrated to stabilize the learning process and introduce minimal computational overhead. Techniques like auto-masking and velocity supervision help differentiate between stationary and moving objects, mitigating errors related to inconsistent depth cues. The study validates the effectiveness of the proposed approach through intra-dataset and cross-dataset adaptation scenarios, showing substantial accuracy gains while maintaining real-time runtime.

**Keywords:** online adaptation, unsupervised learning, monocular depth estimation, semantic segmentation, autonomous cars

### 1. INTRODUCTION

Unsupervised online adaptation plays a crucial role in advancing the real-time scene understanding capabilities required for autonomous vehicles and advanced driver assistance systems [1]. This study explores continuous adaptation techniques for both monocular depth estimation and semantic segmentation, aiming to enhance the robustness and adaptability of models when confronted with varying environmental conditions in real-world driving scenarios [2]. The proposed methodologies enable models to dynamically adjust to new information as it appears in video sequences, a feature that is essential for sustaining high performance in the face of ongoing changes in scene appearance, lighting, and other contextual factors.

There are several key research methodologies classification for unsupervised online adaptation for depth estimation and semantic segmentation in autonomous vehicles:

- mIoU: Mean Intersection over Union (used for segmentation tasks).
- Abs Rel: Absolute Relative Error (for depth estimation).
- RMSE: Root Mean Squared Error (for depth estimation).
- NLL: Negative Log-Likelihood (used in uncertainty metrics).

The first contribution of this work centers on continuous online adaptation for monocular depth estimation. Traditional approaches to adapting depth models often rely on isolated fine-tuning techniques, which adapt the model separately for each frame, frequently resetting it to a pretrained state [3]. These techniques tend to be computationally intensive, as they require multiple (20-50) backpropagation steps per frame, which limits their feasibility in real-time applications [4, 5]. By contrast, the proposed approach performs continuous adaptation by retaining information across video frames, eliminating the need to restart from a pretrained state with each new frame. This results in a tremendous increase of runtime speed, as only a single backpropagation per frame is needed (Table 1).

Table 1

**Summary of Unsupervised Online Adaptation Approaches for Depth Estimation and Semantic Segmentation**

Methodology	Adaptation Type	Key Techniques	Datasets Used	Metrics Evaluated	Results/Performance
<b>Baseline Network</b>	Offline Training	Pretrained on a large annotated dataset; no online adaptation.	KITTI, Cityscapes	mIoU, Abs Rel, RMSE	Baseline accuracy for segmentation and depth: mIoU = X%, Abs Rel = Y, RMSE = Z.
<b>Unsupervised Online Adaptation</b>	Self-supervised	Photometric consistency loss, spatial transformation consistency, and temporal smoothing.	KITTI, Virtual KITTI	mIoU, Abs Rel, RMSE	Improved mIoU (+2-3%), Reduced Abs Rel (-0.1), Reduced RMSE (-5%).
<b>Domain Adaptation</b>	Cross-domain Adaptation	Style transfer (CycleGAN), domain-specific augmentations, and entropy minimization.	SYNTHIA → Cityscapes	mIoU, Depth Accuracy	Enhanced mIoU: SYNTHIA to Cityscapes, ~5-7% improvement.
<b>Continual Learning</b>	Online, Continual Learning	Incremental updates using pseudo-labeling and confidence-weighted losses.	KITTI (Online setting)	Lifelong mIoU, Avg. Depth Error	Maintains ~95% of original accuracy across new environments; <1% performance degradation in prior tasks.
<b>Uncertainty-based Refinement</b>	Uncertainty-aware Adaptation	Bayesian networks, uncertainty-weighted loss functions to balance depth and segmentation tasks during training and inference.	KITTI, Cityscapes	NLL, mIoU, Abs Rel	Improved robustness to edge cases: +4% mIoU in challenging lighting; -8% Abs Rel error in occluded areas.
<b>Augmented Data Streams</b>	Data Augmentation in Online	Synthetic data augmentation with physics-based simulation and domain randomization; combines geometric and semantic cues during online updates.	Carla Simulator, KITTI	IoU, Absolute Depth Error	Near real-time performance: IoU > 80%, Error reduction of ~10-12% over streaming frames.
<b>Teacher-Student Framework</b>	Multi-task Adaptation	Teacher model generates pseudo-labels, student model refines them online using semantic segmentation and depth estimation jointly.	KITTI, Cityscapes	Task-specific mIoU, Depth Accuracy	Multi-task mIoU: +3-5%; Depth estimation precision increases in dynamic scenes.

\* based on author research and publicly available data

For the references purpose we provide list of relevant mathematical equations based on Table 1 and research data, that had been used to evaluate various models within the scope of this research:

1. Photometric Consistency Loss.
2. Velocity Supervision.

3. Confidence Regularization.
4. Semantic Segmentation Loss.
5. Optical Flow-based Motion Segmentation.

These equations reflect core methodologies and challenges addressed in this research and proposed future directions for the practical model evaluation in future work.

## 2. DATA DRIFT PHENOMENON

Data Drift Phenomenon in Depth Estimation and Semantic Segmentation for Autonomous Vehicles refers to the gradual change in data distribution between the training dataset (source domain) and the real-world operational data (target domain), which can significantly degrade model performance. It has strong impact on depth estimation, specially – scale ambiguity, moving objects challenges and lighting and weather variations challenges. Changes in scene structure (e.g., urban to rural environments) lead to discrepancies in depth scale and geometry. Dynamic elements (e.g., vehicles, pedestrians) cause inconsistencies in depth cues, particularly in monocular setups. Real-world conditions (e.g., fog, night lighting) differ from training data, leading to unreliable depth predictions. Additionally data drift phenomenon impacts semantic segmentation, resulting in class distribution changes, texture variations and affects scene composition. Certain objects (e.g., road signs, rare obstacles) may be underrepresented or appear in unexpected contexts. Differences in road textures, building materials, or vegetation can mislead the segmentation model. Variability in object density, occlusions, and background features impacts the segmentation's accuracy.

One of the inherent challenges in online adaptation is the phenomenon of data drift, where the data distribution shifts over time. besides there are numerous other issues arising due this phenomenon, domain shift limited frame diversity: real-time constraints: bias toward confident classes:

- Significant variance in features between training and operational environments affects generalization.
- Insufficient variability in video frames hampers the model's ability to adapt to new contexts.
- Online adaptation mechanisms need to work within strict time limits without sacrificing accuracy.
- High-confidence predictions for frequent classes may overshadow less frequent but critical ones.

The proposed method addresses this by perpetually adapting to new frames as they appear, enabling the model to stay aligned with the evolving data. However, a continuous adaptation strategy can lead to overfitting due to the limited diversity of data within localized segments of video sequences. To counteract this, experience replay is integrated as a foundational element, which allows the model to periodically revisit past data and stabilize the learning process. This not only improves the model's accuracy but also introduces minimal computational overhead, owing to the parallel processing capabilities of modern GPUs. Experience replay proves essential in preventing the model from forgetting previously acquired knowledge while simultaneously enabling it to learn from current data in real-time. The presented approach advocates use of the following methods to overcome present challenges - auto-masking and velocity supervision which helps isolate stationary and dynamic elements to handle motion-induced errors; confidence regularization that restricts the model from drifting too far from its confident predictions, preserving semantic integrity; shared representations for depth and semantics which encourages joint learning to leverage complementary cues for improved adaptation; auxiliary optical flow networks - provides

context about movement in the scene, aiding both depth estimation and segmentation in dynamic settings.

### **3. MONOCULAR DEPTH ESTIMATION METHOD**

Monocular depth estimation presents additional challenges, notably scale ambiguity and disruptions caused by moving objects within scenes. To address these, the adaptation strategy incorporates techniques such as auto-masking and velocity supervision, which help the model differentiate between stationary and moving objects, thereby mitigating errors related to inconsistent depth cues. While these techniques are commonly used in offline depth estimation tasks, this study is among the first to assess their impact within the context of online adaptation. The effectiveness of the proposed approach is validated through two types of adaptation scenarios: intra-dataset adaptation, where the model is trained and tested on different splits of a single dataset with minimal domain shift, and cross-dataset adaptation, where training and testing are conducted across significantly different datasets, introducing substantial domain variation. In both cases, the model demonstrates substantial accuracy gains compared to its not adapted variant, while maintaining real-time runtime.

Building on the advancements in depth estimation, this study extends the online adaptation framework to semantic segmentation. For autonomous systems, semantic segmentation is critical for understanding the meaning of each pixel in a scene, identifying objects, road markings, and other essential elements in real-time. This adaptation approach leverages a shared representation for depth and semantics, using self-supervised cues derived from the structure of the environment to guide adaptation in the target domain. As the model learns from these cues, it faces challenges similar to those in depth estimation, such as data drift and limited frame diversity. Additionally, there must be a mechanism to prevent the model adapted using scene structure cues from producing more geometrically but less semantically plausible outputs. To this end, a confidence regularization technique is introduced, which restricts the model from deviating too far from predictions it is highly confident in. This helps to preserve the semantic integrity of the model while no explicit semantic cues are available for adaptation.

Despite the strengths of the proposed methods, some limitations remain. The reliance on self-supervised cues, particularly those derived from moving objects, introduces ambiguities in depth estimation. While excluding moving objects from the adaptation process reduces errors, it restricts the model's ability to adapt to these dynamic elements fully. Another limitation arises from the confidence regularization technique, which tends to favor well-represented classes with high prediction confidence, potentially impairing adaptation performance for smaller or less frequent classes. Addressing these limitations may require more sophisticated class balancing strategies, particularly for online adaptation scenarios. Approaches commonly used in offline training, such as those that leverage annotations from the source domain, could prove helpful in enhancing performance for less represented classes.

In addition to exploring improved class balancing, future research may benefit from integrating auxiliary optical flow networks to aid in detecting moving objects, which would allow the model to distinguish between rigid and non-rigid regions in the scene. This, however, introduces its own set of challenges, as even minor inaccuracies in flow estimation could propagate errors in depth estimation. Alternatively, leveraging stereo camera setups, where the spatial relationship between cameras is known, may reduce the adverse effects of moving objects on adaptation performance. Future work could also explore other camera configurations, such as surround view or fisheye lenses, to increase robustness in complex environments.

Finally, integrating multi-frame input networks, which use temporal context across several frames, could further enhance adaptation. While recurrent neural networks (RNNs) are a potential solution, they require careful optimization to maintain real-time performance. Similarly, networks that compute cost volumes or feature correlations might achieve higher accuracy but are also more sensitive to moving objects, necessitating a balance between complexity and real-time feasibility.

Table 2

**Detailed overview of Online Adaptation in Depth Estimation and Semantic Segmentation**

Aspect	Approach/Technique	Challenges Addressed	Limitations	Future Directions
<b>Monocular Depth Estimation</b>	Auto-masking, velocity supervision	Differentiates between stationary and moving objects, mitigating scale ambiguity and motion disruptions.	Struggles to adapt to dynamic elements due to exclusion of moving objects from adaptation.	Use auxiliary optical flow networks or stereo setups to handle moving objects more effectively.
<b>Adaptation Scenarios</b>	Intra-dataset (minimal domain shift), Cross-dataset (significant domain variation)	Demonstrates substantial accuracy gains in both scenarios while maintaining real-time runtime.	-	-
<b>Semantic Segmentation</b>	Shared representation for depth and semantics, self-supervised cues, confidence regularization	Guides adaptation using scene structure; prevents deviation from highly confident predictions.	Overemphasis on well-represented classes; struggles with underrepresented ones.	Develop sophisticated class balancing strategies; leverage source domain annotations to improve adaptation.
<b>Confidence Regularization</b>	Regularization restricts deviations from highly confident predictions	Preserves semantic integrity in absence of explicit semantic cues.	Impairs adaptation performance for less frequent or smaller classes.	Implement advanced balancing techniques or alternative mechanisms for underrepresented classes.
<b>Dynamic Elements</b>	Exclusion of moving objects from adaptation	Reduces depth estimation errors caused by motion.	Limits adaptation to dynamic scenes.	Integrate multi-frame networks or surround view setups for better handling of dynamic environments.
<b>Proposed Enhancements</b>	Multi-frame inputs, RNNs, networks using cost volumes or feature correlations	Provide temporal context and improve accuracy.	Real-time performance challenges with RNNs and sensitivity to moving objects in cost volume computation.	Optimize RNNs for real-time applications; balance complexity with feasibility in computationally constrained setups.

## CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

In conclusion, the study's focus on online adaptation, unsupervised learning, monocular depth estimation, and semantic segmentation highlights the intricate challenges and innovative solutions in the realm of autonomous systems. By addressing data drift and overfitting through experience replay and advanced techniques like auto-masking and velocity supervision, the proposed approach demonstrates significant improvements in accuracy and real-time runtime, paving the way for enhanced adaptation strategies. While limitations regarding self-supervised cues and class balancing strategies persist, future research directions, including the integration of auxiliary optical flow networks and multi-frame input networks, offer promising avenues for further advancements in this dynamic field.

This study lays the groundwork for ongoing advancements in online adaptation for autonomous driving, setting a foundation for adaptive scene understanding models that can maintain high performance in rapidly changing environments. The insights gained here open pathways for future exploration into more adaptive and resilient vision systems, ultimately contributing to safer and more reliable autonomous driving technologies.

## **REFERENCES**

- [1] Kuznetsov, Y., Proesmans, M., & Van Gool, L. (2022). Towards unsupervised online domain adaptation for semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (pp. 261-271).
- [2] Chen, P. Y., Liu, A. H., Liu, Y. C., & Wang, Y. C. F. (2019). Towards scene understanding: Unsupervised monocular depth estimation with semantic-aware representation. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on computer vision and pattern recognition (pp. 2624-2632).
- [3] Tonioni, A., Poggi, M., Mattoccia, S., & Di Stefano, L. (2019). Unsupervised domain adaptation for depth prediction from images. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 42(10), 2396-2409.
- [4] Kundu, J. N., Uppala, P. K., Pahuja, A., & Babu, R. V. (2018). Adadepth: Unsupervised content congruent adaptation for depth estimation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 2656-2665).
- [5] Tonioni, A., Tosi, F., Poggi, M., Mattoccia, S., & Stefano, L. D. (2019). Real-time self-adaptive deep stereo. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 195-204).

**Viktor Smolii, PhD,**

Associate Professor and collaborator in the "Dairy Information System" project  
National University of Life and Environmental Science of Ukraine,  
Dept. of Computer Systems, Networks and Cybersecurity, Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2834-6989>  
[v-smolii@nubip.edu.ua](mailto:v-smolii@nubip.edu.ua)

**Tomas Klingström, PhD,**

Coordinator of SLU Gigacow and "Dairy Information System" project  
Sveriges lantbruksuniversitet, Swedish University of Agricultural Sciences,  
SLU Department of Animal Breeding and Genetics, Uppsala, Sweden,  
<https://orcid.org/0000-0002-9504-1352>  
[tomas.klingstrom@slu.se](mailto:tomas.klingstrom@slu.se)

## A BRIEF VIEW OF THE SPECTRUM MODEL OF THE COWS' LACTATION

**Summary.** Here is a short representation of the "DaInSy, Dairy Information System" project results received under the grant works by the SI "Baltic Sea neighbouring" program [1]. The main goal of this work was to develop a spectrum model for describing the cows' lactation process. The obtained results can be used as a part of the base model for cows and their features in the herds' monitoring and control systems.

Some initial undertaking ideas for research and the source data about the milking process were kindly provided by the SLU Uppsala. The used dataset contains information about more than a thousand cows and a little less than 2 million records about milking events, which were collected during some years with Gigacow data infrastructure [2].

As a result, information about the spectrum harmonics was obtained, analysed, and formalised, which is related to the generalised time series data on the milking trend.

The formalised spectrum lactation model includes approximate descriptions of amplitudes' and phases' components.

**Keywords:** spectrum; model; lactation.

### 1. INTRODUCTION

Within the framework of the global sustainable development program, one of the urgent tasks is the systemic integration of the requirements of all spheres of human activity to implement particular practical tasks. One of the urgent areas of development is agriculture and animal husbandry, in particular.

From this point of view, animal husbandry's main feature is that it is characterised by both a positive and a negative effect - positive and promising in terms of sustainable food supply and negative in terms of the associated impact on the environment. The high provision of calories and a balanced set of essential microelements obtained from animal products by humans is unattainable in terms of efficiency, so far, from other sources.

However, the main issues arise in ensuring optimal conditions for the maximum effect from the invested costs at the initial stages and minimising the indirect impact on the environment and the social sphere later.

At the moment, such a global problem can't be solved effectively - society has no such instrumental and logical tools. Therefore, the main directions trail to the theoretical basement and computer systems development for such tasks provisioning. The new technologies, models and new types of models, such as Precision Farming [3], Digital Twins and distributed modelling systems are a high priority. At [4], other perspective tendencies and technologies closely related to the digitalisation of farming and cattle are looked at and analysed.

As for the farm's monitoring and control systems, very often, a particular and reduced set of parameters is used only - the microclimate's features in the barn, for example. These models are simple and close to the cows' optimal environment formation but have another control goal - energy consumption minimisation as a most costable resource.

In the sustainable development paradigm, the cow's and herd's control model will include at least three components - such as optimal microclimate control, which provides a

balanced milking productivity in relation to environmental pollution. So, the three dynamically interoperable complex models are needed - cow's lactation, HWAC system energy behaviour, and farm's organic product pollution (greenhouse gases, soil nitrogen, etc).

Therefore, the main goal will be the development of a system of tied models which define the specific directions of the objects' reactions and impacts. The particular tasks will be related to the specific models' development for this complex system.

This work and project aimed to develop a cow's lactation model as one of the components of a dairy information system. This model, in perspective, will make it possible to personally define the state of the cow's health and its reaction to different impacts and optimise them concerning its stable evolution, productivity and well-being.

An accounting of the relative cyclicity nature of the lactation process allowed the development of the spectrum model of the lactation process. Some additional factors were considered for transforming into the spectrum with a Fast Fourier Transformation. They cause, in particular, the data's re-arrangement into the regular time placement with values approximation, and normalisation by time and magnitudes.

## 2. USED DATA FEATURES AND PROCESSING PIPELINE

Source data includes 56 different characteristics of the milking process. Our analysis uses only the next of them - the date-time identifier, total yield for milking and cow's identifier. The yield data can include "undefined" values. Some raw data from the milking robots can be lost or damaged, which introduces uncertainties, and presented data are not grouped and ordered. Therefore, the preliminary processing consists of the following tasks: grouping by cow's identifier and data ordering by date-time identifier. An example of the ordered data trend is shown in Fig.1-a.

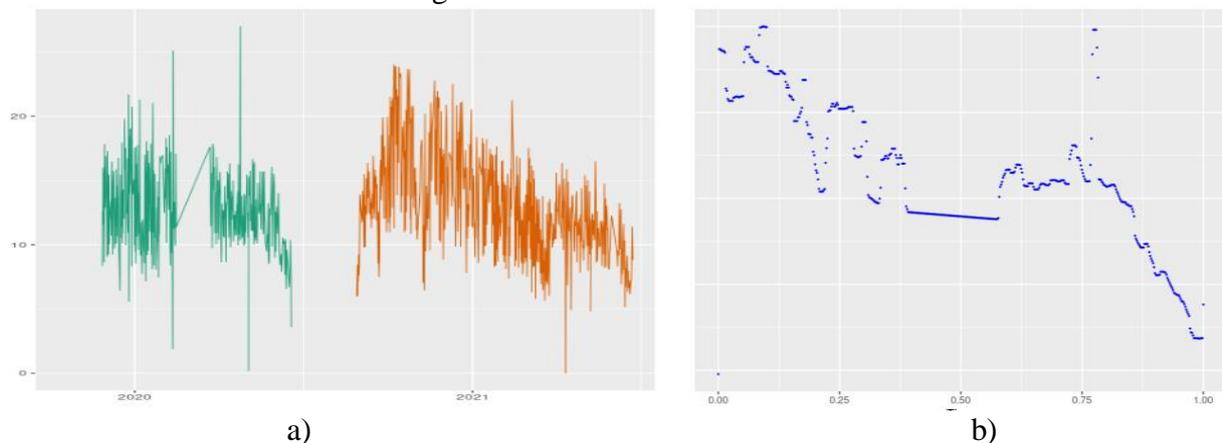


Figure 1. A per cow's representation of the milking time-series data:  
a) the source data of total yield; b) normalised lactations' rate data

In this figure, each lactation is marked by a specific colour. We can also see some of the main difficulties for data processing - high levels of data value fluctuation, possible failure series, non-complete data series, different durations of lactations (even for one's cow) and explicit non-linear data behaviour in lactations. As a consequence of possible decision evaluation, a path was chosen with the presenting data of lactation rate and normalisation of data by amplitude and duration. The data corresponding to the 1st lactation from the Fig.1-a is shown in Fig.1-b.

Prior to the aforementioned FFT preparation operations, the data were also cleared of undefined values and failure series, and then filtered with the means values in the short series.

The graphs for the data of resulting components for the spectrum model of the lactations' rates are shown in Fig.2.

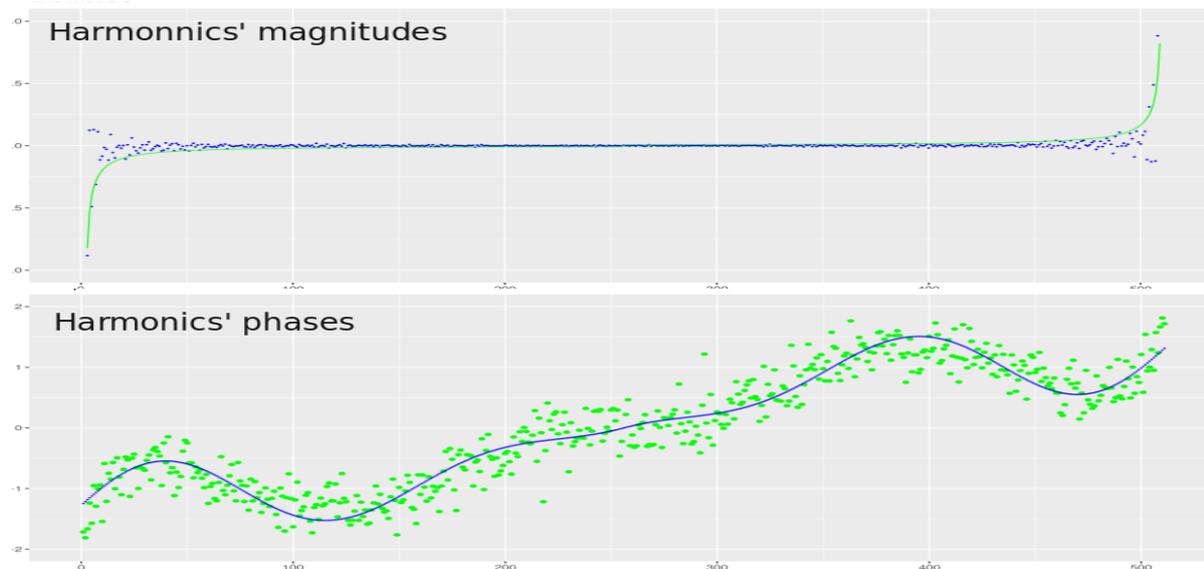


Figure 2. The obtained spectrum model components

If we take the central item as the start accounting position, the general descriptive relations can be defined by the functions below. (1) - for the derivatives relation of spectrum magnitudes and (2) - for the spectrum phases.

$$\Delta_i = k^{(256+i)} * \text{sign}(255 + i) + \frac{k}{(255+i)}, \quad (1)$$

where  $i = -255 \dots 255$ ,  $k$  - the modulus of the median value from a set of derivative relations.

$$ph_j = 1.3 \sin(0.007 \cdot (j - 256)) - 0.007 \cdot v_j - 256 \cdot 0.5 \sin(0.037 \cdot (j - 256)), \quad (2)$$

where  $j = 1 \dots 511$ .

#### ACKNOWLEDGMENTS

The “DaInSy, Dairy Information System” project is funded by the Swedish Institute under the grant program "Baltic Sea neighbouring". The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, kindly provided the source data about the milking process.

#### REFERENCES

- [1] DaInSy, Dairy Information System, grant number 00212/2023, Swedish Institute (Stockholm, SE), URL:<https://app.dimensions.ai/details/grant/grant.13860212>.
- [2] Klingström, Tomas & Ohlsson, I. & Koning, D.J.. (2023). 434. The infrastructure for cattle data at the Swedish University of Agricultural Sciences, Gigacow. 1808-1811. doi:<https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4>.
- [3] KLINGSTRÖM, Tomas et al. Precision dairy farming – A Phenomenal opportunity. EMBnet.journal, [S.l.], v. 26, p. e966, july 2021. ISSN 2226-6089. Available at: <https://journal.embnet.org/index.php/embnetjournal/article/view/966/1473>. Date accessed: 15 nov. 2024. doi:<https://doi.org/10.14806/ej.26.A.966>.
- [4] Tomas Klingström, Emelie Zonabend König, Avhashoni Agnes Zwane, Beyond the hype: using AI, big data, wearable devices, and the internet of things for high-throughput livestock phenotyping, Briefings in Functional Genomics, 2024;, elae032, <https://doi.org/10.1093/bfgp/elae032>.

**Andrii Patsora**

PhD candidate

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

0000-0001-9695-4543

andrewparsora@gmail.com

**Vadym Shkarupylo**

Associate Professor, Doctor of Technical Sciences,

Department of Computer Systems, Networks and Cybersecurity

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

0000-0002-0523-8910

shkarupylo.vadym@nubip.edu.ua

## CONCEPTS OF WEB 3.0 AND THEIR INFLUENCE ON EDUCATION

**Abstract.** Web 3.0, often referred to as the Semantic Web or the "next-generation internet," represents a transformative leap in digital interaction, emphasizing decentralization, smart automation, enhanced user control, and blockchain technology. This paper explores the fundamental principles of Web 3.0 and their transformative potential in education, focusing on decentralized frameworks, semantic understanding, autonomous organizations, and immersive technologies. It discusses the opportunities these innovations create, such as enhanced accessibility, customized learning experiences, and improved data security, while also addressing challenges like infrastructure limitations, digital proficiency gaps, and ethical concerns.

**Keywords:** Web 3.0, education, blockchain, decentralized frameworks, Semantic Web, artificial intelligence, immersive technologies.

### BASIC PRINCIPLES AND PROBLEMS

The adoption of Web 3.0 in education is based on several key principles that redefine traditional approaches to teaching, learning, and administration. These principles leverage advanced technologies such as blockchain, artificial intelligence, and immersive environments to address persistent challenges while opening new opportunities for innovation. In the following sections, we detail the core components of Web 3.0 and their transformative potential for creating secure, adaptive, and engaging educational ecosystems:

1.1. Decentralized Frameworks. Web 3.0 introduces decentralized data storage through blockchain, replacing traditional centralized servers. This transition enhances data security, transparency, and ownership. In education, it enables students to store academic credentials, such as certificates and diplomas, as immutable, globally verifiable records. Additionally, decentralized platforms empower institutions to streamline operations, providing tamper-proof audit trails for administrative processes, including admissions and grading systems. This ensures [1] integrity and reduces reliance on intermediaries.

1.2. Semantic Understanding. The Semantic Web's ability to interpret and analyze the meaning behind data allows educational tools to dynamically adapt to learner needs. Intelligent systems can create personalized educational journeys by analyzing individual preferences, behaviors, and performance patterns. For example, AI-driven learning platforms can recommend resources, suggest tailored courses, or adjust the complexity of content to optimize engagement and comprehension.

1.3. Autonomous Learning Organizations. Decentralized Autonomous Organizations (DAOs) are transforming governance models within education. These blockchain-based entities operate through smart contracts, enabling transparent and democratic decision-making processes. Tasks such as curriculum design, funding allocation, and institutional governance can be managed collaboratively, reducing bureaucracy and enhancing accountability.

1.4. Immersive AR and VR Technologies. Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies provide new dimensions to learning experiences. By enabling students to

engage with interactive simulations and virtual environments, these technologies enhance comprehension and retention. Examples include conducting virtual chemistry experiments, exploring 3D replicas of historical landmarks, and participating in real-world problem-solving scenarios.

1.5. Detailed Data Ownership and Management. A crucial component of Web 3.0 is its emphasis on data sovereignty. In education, this means students and educators retain control over their data, deciding who can access it and how it is used. Blockchain technology ensures data integrity and provides a transparent history of interactions. For instance, learners can share only specific credentials with potential employers without revealing unnecessary personal information. This selective disclosure enhances privacy while ensuring the authenticity of records.

1.6. Incentive Structures through Tokenization. Web 3.0 introduces tokenized systems that incentivize participation and achievement in education. Blockchain-based tokens can reward learners for completing tasks, attending classes, or achieving milestones. For instance, Non-Fungible Tokens (NFTs) can represent unique achievements, such as course completions or competition victories, providing digital credentials that are both verifiable and collectible.

## **DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS WORKFLOW AUTOMATION SYSTEM BASED WEB 3.0 TECHNOLOGIES**

Modern workflows require a high degree of automation to handle the growing volume of data, increasing task complexity, and the need to adapt to changing conditions. Our work focuses on the development of an autonomous system that combines the capabilities of artificial intelligence (AI) and Web 3.0 technologies to create an innovative solution capable of managing processes with minimal human involvement. The development of such a system will significantly enhance productivity, optimize resource use, and improve the quality of decisions made based on data. The core concept of the system is the application of artificial intelligence for automatic data processing and analysis, which allows the system to independently make decisions based on large volumes of information. At its core, neural network analysis is used, ensuring not only rapid data processing but also the ability to adapt to changing work conditions. Meanwhile, Web 3.0 [2] technologies provide the foundation for creating decentralized and secure systems for managing processes and supporting autonomous decision-making based on blockchain and smart contracts. The integration of these technologies guarantees a high degree of transparency in operations, reduces human involvement, and mitigates risks associated with centralized systems. The use of blockchain technologies will allow us to create a system with reliable data protection and ensure security at all stages of operation. Decentralized management systems, such as smart contracts and decentralized autonomous organizations (DAOs), will automate decision-making processes, ensuring fairness and transparency. Smart contracts can be used for automatically executing transaction terms and managing resources, eliminating the need for human intervention and minimizing [3] the risk of errors or fraud.

The practical application of the developed system can be diverse and highly beneficial across various industries. For instance, in the manufacturing sector, the system could automatically manage logistics and resource distribution, optimize supply chains, and monitor product quality. In project management, the autonomous system could help in task allocation, monitoring the completion of project phases, and propose solutions for optimizing workflows based on data analysis [4]. In finance and accounting, the system will efficiently handle transactions, generate reports, and automate the execution of contract terms with partners.

In the long term, the system could be applied in the creation of smart cities, where autonomous systems will manage infrastructure, optimize energy distribution, control transportation, and streamline [5] urban processes. It could also be used in the medical field,

for managing medical records, diagnosing diseases, and optimizing the operation of healthcare facilities.

### **CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH**

Web 3.0 holds immense promise for revolutionizing education, offering solutions such as enhanced accessibility, customized learning journeys, and secure data management. However, realizing these benefits requires overcoming significant challenges, including technological infrastructure gaps, the need for digital literacy, and the development of ethical and regulatory frameworks. Future research should focus on strategies to bridge these gaps, including collaborative investments, robust training programs, and the creation of user-friendly technologies. By addressing these challenges, stakeholders can harness Web 3.0's potential to create an inclusive, innovative, and efficient educational landscape.

### **REFERENCES**

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*, 284(5), 34–43.
- [2] Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Portfolio.
- [3] McKnight, L. W., & Bailey, J. P. (1997). *Internet Economics: Understanding Digital and Networked Business Models*. MIT Press.
- [4] Mavrodieva, E., et al. (2022). AI and Web 3.0 in Education: Current Trends and Future Directions. *Journal of Educational Technology*, 58(3), 145–162.
- [5] Peters, M. A., & Besley, T. (2019). *Open Education and Education for Openness: The Open Movement, Open Access, Open Science, Open Data, and Web 3.0*. Springer.

**Олексій Казанський**  
Student, National University "Zaporizhzhia Polytechnic" (69063, Ukraine,  
Zaporizhzhia, 64 Zhukovsky St.).  
kazanskiyalex2002@email.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ НА ОСНОВІ ASTERISK

**Анотація.** У статті досліджено ефективність комп'ютерної системи ІР-телефонії на базі Asterisk з акцентом на продуктивність при різній кількості одночасних дзвінків і використанні різних кодеків. Об'єктом дослідження виступає сама система телефонії Asterisk, тоді як предметом є вплив кодеків на її продуктивність у процесі обробки дзвінків. Робота складається з трьох розділів: перший розкриває основні функціональні можливості Asterisk та її переваги над аналогами; другий – питання встановлення та налаштування; третій – аналіз результатів тестування системи. У підсумку було проведено комплексне проектування та тестування, що підтвердило ефективність запропонованої системи.

**Ключові слова:** Asterisk, VoIP, ІР-телефонія, Linux, Ubuntu, SIP.

### 1. ВСТУП

Сучасні технології ІР-телефонії значно впливають на спосіб організації зв'язку в корпоративному секторі, дозволяючи підвищити ефективність роботи за рахунок використання інтернет-протоколів для передачі голосових даних. Серед різноманітних платформ, які реалізують ІР-телефонію, Asterisk виділяється своєю відкритою архітектурою, високою гнучкістю налаштувань і підтримкою численних функцій традиційних телефонних систем.

Встановлення Asterisk на підприємствах дозволяє скоротити витрати на зв'язок, інтегрувати систему з іншими корпоративними інструментами, а також гнучко налаштувати її під конкретні потреби.

Мета даної роботи — дослідження ефективності комп'ютерної системи ІР-телефонії на основі Asterisk, яка використовується для забезпечення стабільної і якісної комунікації в умовах різної інтенсивності навантаження. Основними завданнями є аналіз продуктивності системи за умов різної кількості одночасних дзвінків, дослідження впливу використання різних кодеків на швидкість та ресурси системи, а також розробка рекомендацій з оптимізації налаштувань Asterisk для корпоративного використання.

ІР-телефонія є сучасною технологією, що забезпечує передачу голосу через інтернет-протокол, оптимізуючи витрати на зв'язок і підвищуючи гнучкість системи. Вона працює на основі пакетної передачі даних, завдяки чому дзвінки не потребують виділених каналів, як у традиційній телефонії, і можуть легко інтегруватися з іншими бізнес-системами [1].

Основними протоколами ІР-телефонії є SIP та IAX. SIP використовується для встановлення та управління викликами, що робить його зручним для корпоративних мереж завдяки гнучкості та масштабованості [2]. IAX, у свою чергу, є спеціальним протоколом для Asterisk, який знижує трафік завдяки об'єднанню голосових каналів у одному потоці, що робить його оптимальним для внутрішніх дзвінків між серверами Asterisk.

Asterisk, як основа для ІР-телефонії, є відкритим та гнучким програмним рішенням, яке дозволяє адаптувати систему до будь-яких потреб бізнесу. Його переваги

включають масштабованість, що підходить для мереж різного розміру від малих офісів до великих корпорацій, зниження витрат на міжміські та міжнародні дзвінки, а також легку інтеграцію із CRM-системами, сервісами запису розмов та іншими корпоративними інструментами.

Для забезпечення якості зв'язку використовуються кодеки, такі як G.711 та G.729, які забезпечують різний рівень компресії даних залежно від вимог до пропускної здатності. Це дозволяє компаніям балансувати між якістю зв'язку та навантаженням на мережу, обираючи оптимальний варіант.

Таким чином, IP-телефонія на базі Asterisk є економічно вигідним та гнучким рішенням для організації корпоративного зв'язку, яке дозволяє легко інтегрувати телефонну мережу з іншими бізнес-системами та ефективно керувати комунікаціями всередині компанії.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ

Встановлення та налаштування Asterisk є ключовими етапами впровадження IP-телефонії, що впливають на стабільність і продуктивність системи. Для цього використовували сервер на базі Linux (Ubuntu або CentOS). Система оновлювалася, встановлювалися залежності: libxml2, libncurses5, libsqlite3, DAHDI і LibPRI. Asterisk завантажували з офіційного репозиторію, виконували компіляцію та конфігурували файли в /etc/asterisk.

У pjsip.conf налаштовували SIP-з'єднання, у extensions.conf – діалплан, а asterisk.conf містив загальні параметри. Користувачів додавали через секції в pjsip.conf, а правила обробки дзвінків прописували в extensions.conf. Для безпеки рекомендували шифрування TLS і SRTP, обмеження доступу до файлів і налаштування firewall.

Запуск і тестування системи виконували через sudo asterisk -rvvvvv. Команди pjsip show endpoints, pjsip show aors і pjsip show auths перевіряли реєстрацію користувачів. Встановлення Asterisk забезпечило надійну IP-телефонію завдяки правильній конфігурації, безпеці та тестуванню.

У сучасному світі існує кілька інструментів для тестування протоколу SIP, проте вони мають недоліки, як-от висока вартість чи несумісності результатів. Хоча IETF визначив методологію та показники для тестування SIP, програм або апаратного забезпечення для порівняльного аналізу цих концепцій поки що немає.

Одним із підходів є модель компанії Transnexus, яка використовує відкритий генератор трафіку SIPp. Тестування моделює обидва кінці SIP-діалогу, перевіряючи SIP-сервер із реєстратором SIP, SIP-проксі або B2BUA. Воно проводиться на окремому комп'ютері, підключеному до комутатора разом із тестованими пристроями. Тест триває 16 хвилин, генеруючи 60-секундні дзвінки із заданою частотою.

Основні показники тестування включають:

Навантаження на CPU

Кількість успішних/неуспішних дзвінків

Затримку реєстраційного запиту (RRD)

Затримку запиту сеансу (SRD)

Для моделювання UAC і UAS використовується SIPp із запуском XML-сценаріїв. Автоматизація тестів здійснюється через SSH-з'єднання, а кількість комп'ютерів визначається залежно від максимального навантаження SIP-сервера.



Рисунок 1. Середнє використання ЦП без перекодування

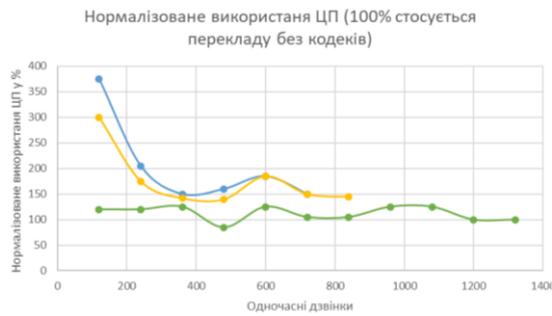


Рисунок 2. Середнє використання ЦП та відповідні нормовані значення



Рисунок 3. RRD та відповідні нормовані значення

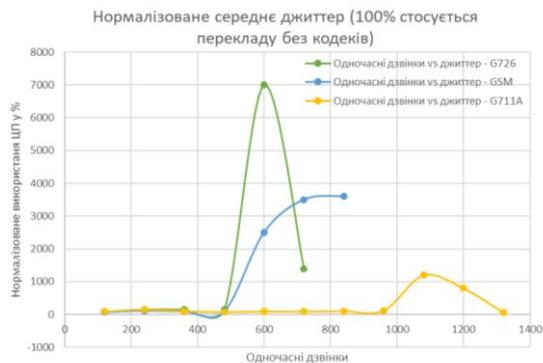


Рисунок 4. SRD та відповідні нормовані значення

Результати тестування виявили залежність між кількістю одночасних викликів і використанням CPU. Трансляція кодеків, наприклад, з G711u на G711A, значно збільшувала навантаження, а кодеки G726-32bit виявилися ще більш вимогливими.

Зростання навантаження впливало на показники затримок: середній джиттер і максимальна затримка пакетів збільшувалися, особливо при трансляції кодеків.

У дослідженні проаналізовано сучасні методи тестування SIP, визначено їх переваги й недоліки. Запропонована методологія тестування дозволила оцінити ключові параметри продуктивності SIP-сервера. Результати підтвердили необхідність врахування динамічних характеристик системи для оптимізації VoIP-інфраструктури.

## ВИСНОВКИ

У роботі розроблено, налаштовано та протестовано систему телефонії на базі Asterisk, що забезпечило розгорнутий аналіз IP-телефонії та сучасних VoIP-рішень. Проведено огляд основних понять, розглянуто переваги й недоліки Asterisk порівняно з альтернативами, обґрунтовано вибір цієї платформи для реалізації системи. Визначено необхідний функціонал, виконано детальну настройку та адаптацію для практичного використання.

Особливу увагу приділено конфігураційним файлам Asterisk, які забезпечують гнучкість у налаштуванні. Тестування працездатності із використанням кодеків G711u-law, G711A-law, G726-32 і GSM дозволило оцінити їхній вплив на продуктивність. Виявлено, що перекодування з G711u на G711A збільшує навантаження на процесор на 23%, тоді як найвищі вимоги до ресурсів має кодек G726-32, а GSM створює мінімальне навантаження.

Моделювання сценарію з 120 одночасними дзвінками показало суттєву різницю в навантаженні між кодеками GSM і G726, підтверджуючи значний вплив вибору кодека на продуктивність. Asterisk забезпечив стабільну роботу навіть при високих навантаженнях, що демонструє його ефективність і можливості адаптації до вимог продуктивності.

Результати дослідження можуть слугувати практичними рекомендаціями для оптимізації VoIP-системи Asterisk, її налаштування та подальшого застосування в різних середовищах телефонії.

## ПОСИЛАННЯ

[1] Джим В. М. Астеріск. Майбутнє телефонії [Текст] / Джим Ван Меггелен, Ліф Мадсен, Джаред Сміт - М.: Символ-Плюс, 2015. - 656 с.

[2] Що таке SIP-телефонія, і навіщо вона потрібна?. Блог Ringostat. URL: <https://blog.ringostat.com/uk/shcho-take-sip-telefonii-i-navishcho-vona-potribna-biznesu>.

[3] The ultimate guide to IP PBX and voip systems. the best free IP pbxs for businesses. Cisco Networking, VPN Security, Routing, Catalyst-Nexus Switching, Virtualization Hyper-V, Network Monitoring, Windows Server, CallManager, Free Cisco Lab, Linux Tutorials, Protocol Analysis, CCNA, CCNP, CCIE. URL: <https://www.firewall.cx/tools-tips-reviews/ip-pbx-unified-communications/how-ip-pbx-work-best-free-voip-systems-advanced-unified-communications.html?highlight=WzFd>.

**Володимир Шумов**  
Student, National University "Zaporizhzhia Polytechnic" (69063, Ukraine,  
Zaporizhzhia, 64 Zhukovsky St.).  
vovasumov2@gmail.com

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЛЮДЕЙ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ

**Анотація.** У сучасному світі підвищення рівня безпеки та автоматизації процесів евакуації в екстремальних ситуаціях є актуальним завданням. Стаття присвячена дослідженню підходів до моделювання поведінки людей в умовах екстремальних ситуацій. Основна увага приділена розробці комп'ютерної системи, яка дозволяє оптимізувати евакуаційні процеси, на аналізі людської поведінки. Запропоновані методи об'єктно-орієнтованого аналізу та моделювання з використанням UML забезпечують точність і зручність прогнозування. Результати дослідження показали, що використання цих систем дозволяє скоротити час евакуації до 35%.

**Ключові слова:** моделювання поведінки, комп'ютерна система, UML, екстремальні ситуації, евакуація.

### 1. ВСТУП

Безпека в екстремальних ситуаціях є пріоритетом для сучасного суспільства. За даними досліджень, техногенні аварії трапляються у 3 рази частіше, ніж стихійні лиха, що вимагає вдосконалення засобів прогнозування і управління евакуацією. Сучасні інформаційні технології, такі як моделювання та симуляція, надають ефективні рішення для цієї проблеми. Використання комп'ютерних систем дозволяє створювати моделі евакуаційних процесів, прогнозувати можливі сценарії поведінки натовпу та розробляти оптимальні маршрути евакуації.

Постановка проблеми. Людська поведінка у екстремальних ситуаціях часто є нелінійною і непередбачуваною. Наприклад, паніка чи фізичні перешкоди можуть створювати критичні зони у місцях масового скупчення людей. Сучасні системи часто не враховують емоційні фактори і взаємодії у натовпі, що знижує їх ефективність. Основною проблемою є необхідність створення універсальної системи моделювання, яка дозволяє точно відображати складні взаємодії в екстремальних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті розглянуто моделювання поведінки людей у екстремальних ситуаціях. Основний акцент зроблено на використанні методів об'єктно-орієнтованого моделювання та мови UML для проектування системи, що оптимізує евакуаційні процеси. Автори наводять приклади використання UML-діаграм, таких як діаграми класів і варіантів використання, що дозволяють детально проектувати структуру та функціональні особливості системи [1], [2]. Раніше невирішені частини проблеми:

- Необхідність інтеграції поведінкових і фізичних моделей для прогнозування поведінки натовпу [3], [4].
- Відсутність стандартів для уніфікованого підходу до моделювання евакуаційних систем [5].

Мета публікації. Враховуючи зростаючу потребу в ефективних та безпечних методах евакуації в екстремальних ситуаціях, метою статті є висвітлення підходів до моделювання поведінки людей за допомогою комп'ютерних систем, що базуються на об'єктно-орієнтованому аналізі та мові UML. Стаття спрямована на розробку і дослідження ефективності таких систем для оптимізації евакуаційних процесів, зокрема

шляхом прогнозування поведінки натовпу та визначення безпечних маршрутів евакуації.

## 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для реалізації проєкту використовувались методи об'єктно-орієнтованого аналізу і моделювання. UML-діаграми, такі як діаграми варіантів використання і послідовностей, застосовувались для опису сценаріїв взаємодії користувачів із системою. Симуляція виконувалась за допомогою Python, з використанням бібліотек для візуалізації та паралельних обчислень.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Запропонована система дозволяє прогнозувати поведінку натовпу у різних екстремальних ситуаціях. Наприклад, у приміщеннях із високою щільністю людей, система ідентифікувала критичні точки та пропонувала альтернативні маршрути евакуації. Порівняння із традиційними підходами показало, що запропонована система знижує час евакуації на 25–35%.

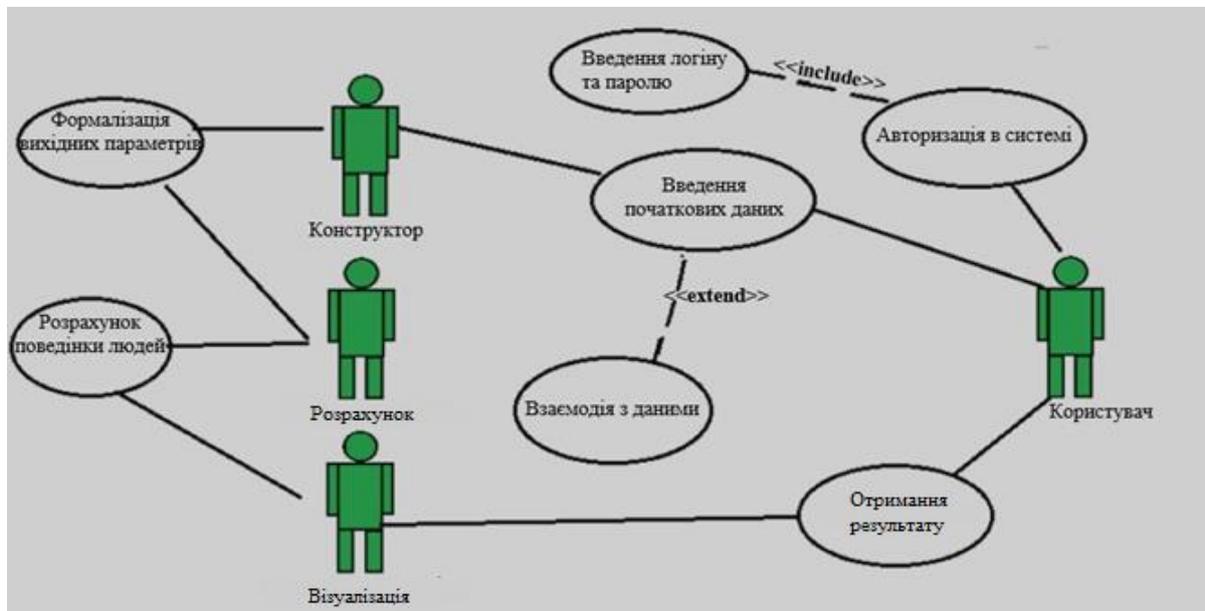


Рисунок 1. UML-діаграма варіантів використання

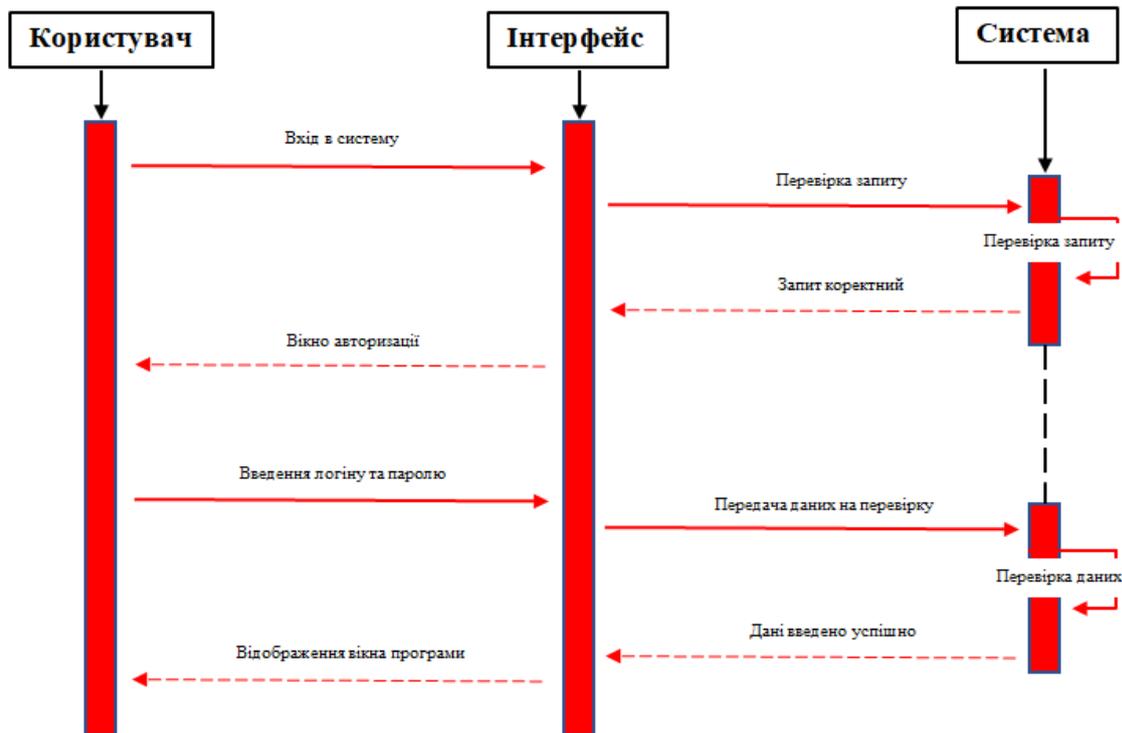


Рисунок 2. UML-діаграма послідовностей

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблена система є перспективним інструментом для управління евакуацією у екстремальних ситуаціях. Подальші дослідження будуть спрямовані на інтеграцію з реальними системами моніторингу, такими як IoT-сенсори, та адаптацію до відкритих просторів.

## ПОСИЛАННЯ

[1] Використання уніфікованої мови візуального моделювання UML (UNIFIED MODELING LANGUAGE) як інструменту підтримки проектування інформаційних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/DOI/2522-1256-2019-24-16.pdf>

[2] Застосування UML для моделювання та проектування інформаційних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/eb5f589c-6cb5-4fe6-acff-d88b193777af/content>

[3] Екстремальна психологія [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/fpsr/navchalni\\_materialy/metodychne\\_zabezpechennya/053\\_bakalavr/mr\\_ekstremalna\\_psykhologiya.pdf](https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/fpsr/navchalni_materialy/metodychne_zabezpechennya/053_bakalavr/mr_ekstremalna_psykhologiya.pdf)

[4] Комп'ютерне моделювання: системи і процеси [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://viduus.net/wp-content/uploads/2019/02/Razrabotka-trebovanij-k-programmnomu-obespecheniyu.pdf>

[5] Розробка інформація ресурсів та систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.its.kpi.ua/itm/tkot/Students/Lec2\\_2-State-Classes-D.pdf](http://www.its.kpi.ua/itm/tkot/Students/Lec2_2-State-Classes-D.pdf)

**Benjamin Reed**

PhD, Assistant Professor

Work place: Computer Engineering, San José State University, San José, California, USA

<https://orcid.org/0000-0002-8620-0331>

[ben.reed@sjsu.edu](mailto:ben.reed@sjsu.edu)

**Anirudh Kariyatil Chandakara**

M.S. in Computer Science, San José State University, San José, California, USA

Work place: Microsoft

<https://orcid.org/0009-0000-6199-1360>

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

**Abhishek Gaikwad**

M.S. in Computer Science, San José State University, San José, California, USA

Work place: NVIDIA

<https://orcid.org/0000-0002-1624-5550>

[abhgaikwad@nvidia.com](mailto:abhgaikwad@nvidia.com)

## DOUBLE-RATCHET BASED SECURITY FOR PROVIDING INTERNET SERVICES TO DISCONNECTED AREAS

**Abstract.** This paper introduces an architecture that leverages existing mobile devices and applications to facilitate end-to-end encrypted internet access in areas without direct connectivity. The system is a special case of a Delay-Tolerant Network (DTN) structured into three core components: a client application, a transport application, and a cloud server. The client application aggregates data from various applications on the device into a single data bundle and encrypts it using the Double Ratchet algorithm (part of the Signal protocol). This encrypted bundle is then transmitted over Wi-Fi Direct to the transport application, which acts as an untrusted courier. Upon reaching an internet-connected area, the transport application uploads the encrypted bundles to the cloud server. The server, in turn, decrypts these bundles and routes the data to their intended application servers. Responses from these servers are sent back to the client through the same routes. This architecture offers a seamless and secure solution for internet connectivity in disconnected zones, eliminating the need for additional hardware. It can handle various types of application data while ensuring the integrity and confidentiality of the data in transit without relying on a trusted centralized certificate authority or trusted data transports. We have implemented this architecture in the open-source Disconnected Data Distribution (DDD) project.

**Keywords:** End-to-end encryption; DTN; double-ratchet; security.

### 1. INTRODUCTION

The internet has become an integral part of modern life, connecting people all over the world and enabling access to a vast amount of information and resources. It has transformed the way we communicate, do business, and access entertainment. In addition, the internet has made it easier for people to access education, healthcare, and government services. Society today is, therefore, heavily dependent on this digital connectivity, and people who lack internet access are at a disadvantage. Internet accessibility is not a global standard, with many regions still lacking reliable connectivity. This digital divide can have serious consequences, particularly for those who are already marginalized or disadvantaged.

In situations like natural or man-made disasters or pandemics, internet access is important because it might be the sole method for communication and distributing information. However, during such events, internet outages and disruptions can occur, leaving even those who normally have access without reliable connectivity.

Delay-tolerant networks (DTNs) are a type of networking technology that can be used to deliver internet connectivity to remote areas where traditional networking infrastructure is

unavailable or unreliable. DTNs are designed to operate in these environments that cannot rely on continuous connectivity [1].

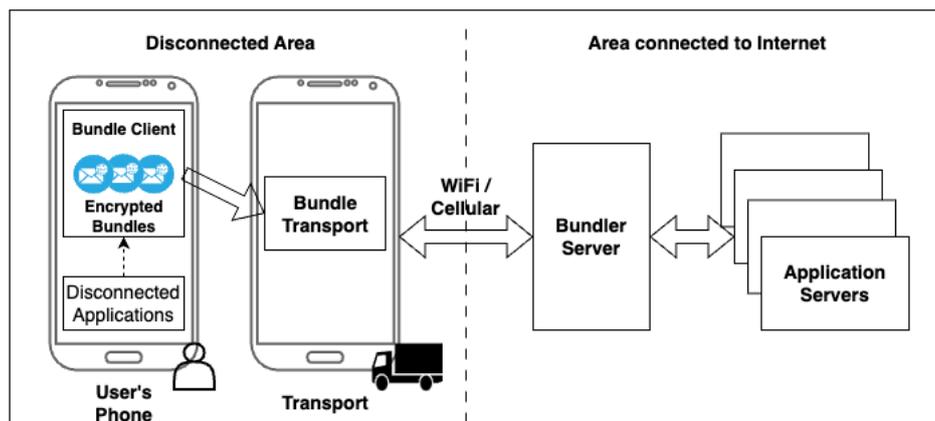


Figure 1. System Overview

This project introduces a system leveraging existing mobile phones to provide internet access in areas affected by disasters or those remotely located, securing communications with end-to-end encryption, as illustrated in Figure 1. Users sideload the Bundle Client app to enable their phones to access internet services for specific applications in a disconnected setting. This app, henceforth called the Bundle Client or simply the client, facilitates offline internet access. A second application, the Bundle Transport, is used on another mobile phone that travels between areas with and without internet connectivity. This phone will be referred to as the transport. When a transport comes in contact with a client, the client combines data from all supported applications into a single data bundle and encrypts it using an end-to-end encryption technique before sending it to the transport. We use Wi-Fi Direct [2] for the communication between the clients and the transports. Wi-Fi Direct allows two Android phones to communicate directly without any other infrastructure, such as WiFi access points. The transport physically transports all the received bundles to an area with internet access, where it uploads the data to a cloud-based Bundle Server. The server processes these bundles, decrypting them and forwarding the data to the intended application servers on the internet, and vice versa for responses.

In this model, all data from clients will be transported to the Bundle Server. Transports do not move data between clients. However, the Bundle Server can send data to a particular client using a transport. This is similar to sending an email from your phone to the person sitting next to you; the email goes up to the server on the internet, and your friend retrieves the email from that server even though the phones are next to each other. The DTN solution we developed around this model has mechanisms for handling retries and distributing data to transports that are described in another paper [3]. In this paper, we focus on the security aspect of this DTN solution.

**Goals:** Bundle Transports are the key to providing disconnected areas with internet data. However, we do not trust them. Anyone can sign up to be a Bundle Transport; they just have to download the transport application on their phone.

We use end-to-end encryption and authentication to prevent Bundle Transports from examining or modifying the data they transport. Transports can collect data and not deliver it, but the result would be the same as if the transport was not present at all.

Our end-to-end encryption and authentication has the following goals:

1. No online client key provisioning: when new clients come online, they need to be able to self-provision their security credentials completely offline.

2. No Public-Key Infrastructure: we don't rely on trusted third parties like Certificate Authorities or SMS validation.
3. Resilience to lost messages: because our transportation infrastructure includes malicious actors who may drop messages, we need to tolerate messages getting lost.

We achieve these goals using self-certifying public key identities and double-ratchet end-to-end encryption.

### 3. THE THEORETICAL BACKGROUND

**Self-Certifying Keys:** To solve the problem of key verification, we draw from the work of the SFS (Secure File System) [4] where the identity of a device is mapped to its public key. This avoids key management machinery by using a locator that includes the remote server's public key. By identifying a client using its public key, we can avoid the need for public key infrastructures or SMS callbacks to associate a public key with an ID or phone number.

**Encryption Key Generation:** We use the double ratchet algorithm as employed in Signal's messaging protocol [5]. The algorithm uses a Diffie-Hellman ratchet for the given public-private key pair to generate a shared secret. This, along with the result of a root key generated using the X3DH as described in [6], results in a symmetric key used to encrypt or decrypt the message. Exchanging the public keys and synchronizing the ratchets at the recipient's end results in the generation of an identical symmetric key. The double ratchet algorithm does not require online communication between endpoints to synchronize keys, which fits our requirements.

### 4. THE RESULTS AND DISCUSSION

Data is packaged into bundles to be transported by the Bundle Transports. A bundle is a zip file consisting of the following: (*KeyInfo*, *EncryptedBundleId*, *EncryptedPayload*)

The *EncryptedPayload* is an encrypted zip file with application data. It is encrypted with AES-GCM [7], which is a symmetric cipher that provides both confidentiality and message integrity guarantees. The *BundleId* is made up of the client's ID (its Base64 encoded identity public key) and the bundle counter. The *KeyInfo* has the public key information the server or client will need to decrypt the payload. The content of the *KeyInfo* differs for the client and server since clients only receive bundles from the server, so it knows to use the server's public key to decrypt a payload, but a server receives bundles from many different clients.

#### Sending Bundles

For bundles sent by the client to the server, *ServerKeyInfo* will consist of:

(*OneTimePublicKey*,  $\text{Encrypt}_{\text{otk}, \text{spk}}(\text{ClientIdentityKey}, \text{ClientBaseKey}, \text{EphemeralKey})$ )

Every time a client sends a bundle to the server, it generates a one-time public key. It uses this public key (*otk*) and the server's public key (*spk*) to encrypt the client's identity and base public keys used to encrypt the payload using double ratchet. When the client generates a new bundle, it will increment its outgoing bundle counter and use it to generate a new *BundleID* and calculate *EncryptedBundleId* using

$\text{EncryptedBundleId} = \text{Encrypt}_{\text{otk}, \text{spk}}(\text{BundleID})$

Only the server can decrypt the client public keys and *bundleId* and thus decrypt the payload. The transport cannot decrypt the payload or even know which client generated the bundle it is transporting.

#### Receiving Bundles

For bundles sent by the server to clients, the *ServerKeyInfo* will only contain the *EphemeralKey* used with double ratchet. The *EncryptedBundleId* is generated using  $\text{EncryptedBundleId} = \text{Encrypt}_{\text{cpk}, \text{spk}}(\text{BundleId})$ , where *cpk* is the client's public key. The client that the bundle is going to can calculate the *EncryptedBundleId* to expect, but transports will

not be able to know the destination of the bundle. Because bundles sent by a server may be lost, the client requests a window of 10 possible *EncryptedBundleIds* from a transport. While this keeps the destination of a bundle hidden from a transport, it limits the server to 10 outstanding bundles to a given client.

#### 4. CONCLUSION

We have shown how we can use the Double Ratchet algorithm from Signal to meet the security requirements of our DTN solution. One of the most challenging aspects of our DTN is that anyone can be a transport. This allows us to build a DTN network quickly, but it also means that we cannot trust a transport to be non-malicious.

Self-certifying keys for clients avoid the problem of associating client identities with their public keys, which allows us to send the client's public key to the server using untrusted transports. We then use the Double Ratchet to provide robust end-to-end authentication and confidentiality of messages with all the guarantees that Double Ratchet provides. Finally, rather than putting the receiver's identity in the bundles given to transports, we instead use pseudo-random bundle IDs that cannot be associated with a given client by an observer.

We have implemented this system using Android phones and proof-of-concept client applications. The code is available on GitHub at [8].

#### REFERENCES

- [1] S. F. C. Caini, H. Cruickshank and M. Marchese, "Delay and disruption tolerant networking (DTN): An alternative solution for future satellite networking applications," Proceedings of the IEEE, vol. 99, no. 11, pp. 1980–1997, Nov 2011.
- [2] D. Camps-Mur, A. Garcia-Saavedra, and P. Serrano, "Device-to-Device Communications with Wi-Fi Direct: Overview and Experimentation," IEEE Wireless Communications, vol. 20, no. 3, pp. 96–104, 2013.
- [3] S. Hegde, D. Munagala, A. Singhanian and B. Reed, "A Mobile-First Disconnected Data Distribution Network," in 2023 IEEE 22nd International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), Exeter, United Kingdom, pp. 2546-2553, 2023.
- [4] D. Mazieres, M. Kaminsky, M. F. Kaashoek, and E. Witchel, "Separating key management from file system security," ACM Symposium on Operating Systems Principles, no. 17, pp. 124–139, 1999.
- [5] T. Perrin and M. Marlinspike, "The double ratchet algorithm," <https://signal.org/docs/specifications/doubleratchet/>, Signal, Tech. Rep., 2016.
- [6] M. Marlinspike, T. Perrin, and V. Stuart, "X3DH: Extensible messaging and presence protocol (XMPP) end-to-end key agreement and signature," <https://www.signal.org/docs/specifications/x3dh>, July 2016, accessed on: Apr. 08, 2023. [Online]. Available: <https://signal.org/docs/specifications/x3dh/>
- [7] M. Dworkin, "Nist special publication 800-38d: Recommendation for block cipher modes of operation: Galois/counter mode (gcm) and gmac." U.S. National Institute of Standards and Technology, 2007.
- [8] "Disconnected data distribution," <https://github.com/SJSU-CS-systems-group/DDD>, 2023.

## **Liu Shi jun**

PhD-student

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-4882-559X

Email:bbxylsj@163.com

## **Vadym Shkarupylo**

Dr Sc., Associate Professor

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-0523-8910

Email:shkarupylo.vadym@nubip.edu.ua

## A REVIEW OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR "ON-THE-FLY" IMAGE RECOGNITION IN TRAFFIC SCENARIOS

**Abstract.** With the continuous growth of the global population and the acceleration of urbanization, problems such as road congestion, traffic accidents, and environmental pollution are becoming increasingly serious. In order to meet these challenges, the transportation system relies on advanced information and communication technologies to build an efficient, safe, environmentally friendly, and comfortable transportation environment, provide comprehensive traffic information services, and provide a safe, fast, and economical travel experience [1]. This paper mainly targets non-motor vehicles, motor vehicles, and pedestrians, and studies the research status and application of target detection algorithms in traffic scene target detection and recognition from the aspects of target detection algorithms and target detection algorithm optimization [2]. This paper conducts a framework study on the advantages, limitations, and applicable scenarios of various methods of real-time vehicle detection algorithms based on lightweight YOLOv5 and YOLOv8 methods [3].

**Keywords:** Traffic scene; real-time image processing; YOLO8; deep learning; lightweight

### **1. INTRODUCTION**

#### **1.1 Evolution of traffic scene information technology**

The application of information technology in transportation scenarios has undergone significant evolution over the past few decades. Early traffic monitoring systems mainly relied on simple image processing technology and manual monitoring. With the introduction of machine learning, especially the rapid development of deep learning technology, real-time image recognition has become the core technology of modern traffic management[4].

#### **1.2 Overview of real-time image recognition of traffic scenes**

The emergence of real-time image recognition technology has profoundly changed the way modern urban traffic is managed, by enabling systems to instantly analyze and interpret visual data. Real-time image recognition plays a vital role in improving road safety, optimizing traffic flow, and supporting the deployment of autonomous driving. The complex relationship between information technology and real-time image recognition technology in traffic scenes. With the advancement of urbanization and the increase in traffic density, the demand for smarter and more efficient traffic management systems is growing. Real-time image recognition technology can help provide dynamic monitoring, analysis and management of traffic conditions[5].

### **1.3 Information technology for real-time image recognition of traffic scenes**

Image recognition is the process by which a system interprets and classifies objects in an image. In traffic scenarios, this usually involves the detection of vehicles, pedestrians, traffic signs, and other relevant elements [6]. In traditional computer vision methods, image recognition usually relies on techniques such as edge detection, feature extraction, and pattern recognition. With the introduction of machine learning, especially deep learning technology, the ability of real-time image recognition has been revolutionized [7].

## **2. THE THEORETICAL BACKGROUNDS**

### **2.1 Machine Learning**

Machine learning (ML) is a subset of artificial intelligence (AI) that focuses on developing algorithms and models that allow computers to learn from data and make decisions. There are three types of machine learning: supervised learning, unsupervised learning, and reinforcement learning, where the goal is to learn a policy that maximizes rewards accumulated over time.

### **2.2 Deep Learning**

Deep learning is a machine learning method based on artificial neural networks, which simulates the working principle of the human brain to solve complex data pattern recognition problems. This method has been widely used in image recognition, speech recognition, natural language processing and other fields, and has made significant progress. The YOLO target detection model was proposed, which greatly improved the efficiency of model training and reasoning[8].

## **3. RESEARCH METHODS**

### **3.1 Application of target detection algorithm in non-motor vehicle identification**

In actual traffic scenes, it is difficult to extract features from non-motor vehicles due to factors such as occlusion and small number of pixels occupied. Therefore, traditional methods cannot meet the needs of practical applications. With the continuous deepening of deep learning research, object detection algorithms based on convolutional neural networks have also made breakthrough progress [9]. In 2016, the Faster R-CNN algorithm achieved end-to-end recognition, and the YOLO algorithm and SSD algorithm achieved further acceleration. Ahmad et al. [10] studied the application of object detection algorithms in non-motor vehicle detection and recognition.

## **4. THE RESULTS AND DISCUSSION**

### **4.1 Research on lightweight "on-the-fly" image recognition model based on YOLOv8**

The main difficulty in detecting and identifying pedestrians and vehicle targets in traffic scenes lies in the accuracy and real-time performance of the algorithm. By improving the robustness of the target detection algorithm based on the YOLOv8 optimization method, better application of the target detection algorithm can be achieved [11].

## **5 CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH**

In the future, we will continue to explore new technological developments on the road ahead, as well as accelerate technological progress in areas such as automobiles, smart transportation, and public safety.

### **5.1 The role of 5G and above in traffic management**

As the demand for real-time image recognition continues to grow, the demand for more powerful and efficient hardware has also increased. The deployment of 5G networks will revolutionize traffic management, providing high-speed, low-latency connections to meet the

needs of real-time image recognition and other data-intensive applications. With the powerful network capabilities of 5G, future traffic management systems will enable innovative applications such as real-time traffic optimization, connected autonomous vehicles, and smart infrastructure.

## REFERENCES

- [1] Taheri Tajar, A., Ramazani, A., & Mansoorizadeh, M. (2021). A lightweight Tiny-YOLOv3
- [2] M. Tan, Q. Le, Efficientnetv2: Smaller models and faster training, in: International Conference on Machine Learning, PMLR, 2021, pp. 10096–10106.
- [3] Wiczorek, M., Siłka, J., Woźniak, M., Garg, S., & Hassan, M. M. (2021). Lightweight Convolutional Neural Network Model for Human Face Detection in Risk Situations. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(7), 4820–4829.
- [4] Yang, W., Ding, B. O., & Tong, L. S. (2022, March). TS-YOLO: An efficient YOLO Network for Multi-scale Object Detection. In *2022 IEEE 6th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)* (Vol. 6, pp. 656-660). IEEE.
- [5] P. Jiang, D. Ergu, F. Liu, Y. Cai, B. Ma, A review of yolo algorithm developments, *Procedia Comp. Sci.* 199 (2022) 1066–1073.
- [6] G. Jocher, A. Chaurasia, A. Stoken, J. Borovec, Y. Kwon, K. Michael, J. Fang, Z. Yifu, C. Wong, D. Montes, et al., Ultralytics/yolov5: V7. 0-yolov5 sota realtime instance segmentation, Zenodo (2022). <https://zenodo.org/records/7347926>.
- [7] B. Koonce, B. Koonce, Efficientnet, Convolutional Neural Networks with Swift for Tensorflow: Image Recognition and Dataset Categorization, 2021, pp. 109–123.
- [8] X. Jin, Y. Xie, X.-S. Wei, B.-R. Zhao, Z.-M. Chen, X. Tan, Delving deep into spatial pooling for squeeze-and-excitation networks, *Pattern Recogn.* 121 (2022) 108159–108174.
- [9] H. Qu, J. Yang, M. Shen, H. Chen, D. Zhou, Fault diagnosis of rolling bearing under time-varying speed conditions based on efficientnetv2, *Meas. Sci. Technol.* 33 (6) (2022) 065023–065037.
- [10] H. Wang, H. Qian, S. Feng, W. Wang, L-ssd: lightweight ssd target detection based on depth-separable convolution, *J. Real-Time Image Proc.* 21 (2) (2024) 1–15.
- [11] C. Zhao, D. Guo, C. Shao, K. Zhao, M. Sun, H. Shuai, Satdtx-yolo: a more accurate method for vehicle target detection in satellite remote sensing imagery, *IEEE Access* 12 (2024) 46024–46041.

### **Вадим Штанько**

Аспірант факультету Інформаційних технологій,  
Кафедра Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
<https://orcid.org/0009-0001-4977-1450>  
asp22-v.shtanko@it.nubip.edu.ua

Науковий керівник: доцент Нікітенко Є.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри  
Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки,

## **ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІЗАТОРІВ ТРАФІКУ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ**

**Анотація.** В дослідженні розглядається проблема нестачі якісних, реальних наборів даних для навчання моделей машинного навчання, що використовуються для побудови систем виявлення вторгнень (IDS). Більшість існуючих наборів мають обмеження і не повністю відображають реальний мережевий трафік. Для розв'язання цієї проблеми пропонується використання сніферів (інструментів для збору мережевих пакетів). Попри шифрування даних, метадані пакетів залишаються доступними та можуть бути використані як ознаки для класифікації. Також в дослідженні розглядаються бібліотеки Python, такі як `pcap`, `Scapy`, `Netfilterqueue`, `Tshark` і `Pandas`, які можуть бути використані для збору та аналізу мережевого трафіку. Аналізуються переваги та недоліки їх бібліотек, описуються задачі, які можуть розв'язувати такі бібліотеки.

**Ключові слова:** системи виявлення вторгнень, машинне навчання, сніфери, аналіз мережевого трафіку, набори даних.

### **1. ВСТУП**

У сучасному цифровому світі, де кіберзагрози стають все більш складними та поширеними, системи виявлення вторгнень (Intrusion detection systems - IDS) набувають великого значення. Робота таких систем включає декілька етапів, таких як збір даних, аналіз даних та їх класифікація, що своєю чергою дозволяє зробити висновки про безпечність мережевих даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значна кількість досліджень зосереджена на етапі аналізу та класифікації даних. [1] Цей етап є надзвичайно важливим для побудови IDS, оскільки саме він визначає безпечність даних. Разом з тим більшість досліджень, пов'язаних з машинним навчанням IDS використовують заздалегідь зібрані та підготовлені набори навчальних даних, такі як UNSW-NB15 [2], USB-IDS-1 [3], CIC-IDS 2017 та багато інших.

Такі набори дозволяють навчати моделі машинного навчання та тестувати їх ефективність. Тим не менш, переважна більшість таких наборів даних є обмеженою та не цілком відображає реальних мережевий трафік [1], що ставить під сумнів ефективність таких досліджень.

**Постановка проблеми.** Таким чином виникає потреба в наборах реальних даних, за допомогою яких можна оцінити ефективність моделей машинного навчання для класифікації мережевого трафіку. Тому виникає необхідність використання засобів для збору та аналізу мережевого трафіку, також відомих як сніфери [4]. Такі інструменти дозволяють збирати мережеві пакети та їх метадані. Оскільки в сучасних мережах трафік переважно є зашифрованим, це не дозволяє переглядати вміст мережевих пакетів на різних рівнях моделі OSI, але метадані цих пакетів не є зашифрованими. Саме метадані використовуються як ознаки для класифікації за допомогою машинного навчання, отже сніфери цілком підходять для збору даних із вищезазначеною метою.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Розглянемо існуючі аналізатори трафіку, інтегровані з екосистемою мови Python. Ця мова буде розглядатися, оскільки вона дає широкі можливості роботи з великими даними та машинним навчанням, тому для зручності дані можна збирати теж за її допомогою.

Низькорівнева бібліотека `rsar`, забезпечує прямий доступ до даних мережевого інтерфейсу. Вона дозволяє захоплювати пакети мережевого трафіку в реальному часі або з файлів. Вона має високу продуктивність, гнучкість у конфігуруванні фільтрів, за її допомогою зібрана значна кількість популярних наборів навчальних даних. На противагу цьому вона має досить низькорівневий інтерфейс, що вимагає написання додаткового коду для аналізу пакетів.

Потужна інтерактивна бібліотека `Scapy` включає можливість дослідження та маніпуляції мережевими пакетами. Вона дозволяє створювати, відправляти, аналізувати та модифікувати пакети різних протоколів. Має високий рівень абстракції, зручна робота з різними протоколами, можливість створення власних протоколів, але може бути надмірною для простих завдань на кшталт збору даних.

Бібліотека `Netfilterqueue` дозволяє перехоплювати та модифікувати пакети на рівні ядра Linux. Вона використовується для створення інспекційних систем і проксі-серверів. Має високу продуктивність, можливість модифікації пакетів перед їх відправкою. Працює тільки в системах Linux, вимагає глибоких знань мережевої моделі TCP/IP.

`Tshark` - це консольна утиліта і бібліотека Python, яка є інтерфейсом до відомого пакетного аналізатора `Wireshark`. Вона дозволяє аналізувати мережевий трафік з використанням потужних фільтрів і протоколів розбору. Вона має широкий набір функцій, підтримку багатьох протоколів, можливість використання графічного інтерфейсу `Wireshark`. Також має обгортку `pyshark` яка полегшує інтеграцію в програмний код python.

`Pandas` - це бібліотека для аналізу даних, яка широко використовується для обробки та візуалізації даних, отриманих з мережевого трафіку. Хоч вона і не має можливості збору мережевого трафіку, все ж має зручні структури даних (`DataFrame`), потужні інструменти для аналізу та візуалізації. Вона не призначена спеціально для аналізу мережевого трафіку, але може бути використана для систематизації даних, отриманих з допомогою вищезазначених бібліотек.

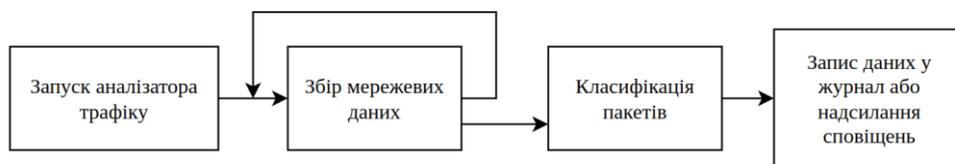


Рисунок 1. Загальний принцип роботи IDS з використанням аналізатора трафіку

Описані бібліотеки можуть бути використані як засоби для збору сирих даних, тому результатом їхньої роботи є значні за обсягами, неупорядковані та несистематизовані набори даних. Використання таких даних для машинного навчання є складною задачею, адже перш за все, дані повинні бути промарковані, тобто кожен запис в наборі повинен містити мітку про те, чи репрезентує він нормативний мережевий трафік, чи трафік, пов'язаний з тим чи іншим видом атаки тощо. Тому збір даних вимагає, щоб кожен його етап проходив у заздалегідь визначених умовах (з

атаками на вузли мережі або без них), а після кожного етапу збору отримані дані мають бути промарковані.

Після отримання промаркованих даних вони можуть бути оптимізовані, оскільки частина мережевого трафіку може бути ідентичною для сценаріїв із загрозами та без них. Окрім цього важливим може бути визначення незначущих ознак в метаданих мережевих пакетів, які є незмінними для шкідливого та нормативного трафіку. Такими даними можна знехтувати, оскільки вони не будуть мати значної ролі при класифікації нормативного та потенційно шкідливого трафіку. Також подібна оптимізація може пришвидшити швидкість навчання та класифікації даних, оскільки менші обсяги даних потребують меншої кількості обчислювальних ресурсів та пам'яті для їх зберігання.

### **3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Таким чином використовуючи описані бібліотеки, можливо створити інструмент для збору та первинної обробки мережевих даних, що проходять через реально існуючі або віртуальні мережеві вузли, що фактично є елементом host-based IDS. Після збору такі дані можна класифікувати за допомогою машинного навчання, використовуючи такі бібліотеки python як sklearn. Таким чином можна розробити модель IDS з виявленням аномалій, оскільки вона буде здатна виявляти відхилення в нормативному трафіку без втручання мережевого адміністратора після навчання.

За допомогою описаного інструменту та збору даних, має перспективу тестування моделей машинного навчання в реальних умовах та на реальних даних для оцінки їх ефективності та виявлення недоліків, детальний аналіз помилок моделей для покращення їх роботи, а також порівняння ефективності моделей машинного навчання з традиційними методами виявлення вторгнень.

### **ПОСИЛАННЯ**

1. Ahmad Z, Shahid Khan A, Wai Shiang C, Abdullah J, Ahmad Network intrusion detection system: A systematic study of machine learning and deep learning approaches, T. 32, 2021.
2. N. Moustafa та J. Slay. UNSW-NB15: a comprehensive data set for network intrusion detection systems (UNSW-NB15 network data set) // Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS). – Canberra, 10-12 November 2015, – pp. 1–6.
3. M. Catillo, A. Del Vecchio, L. Ocone, A. Pecchia та U. Villano. USB-IDS-1: a Public Multilayer Dataset of Labeled Network Flows for IDS Evaluation // 51st Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops. – 2021. – pp. 1-6.
4. Buch, Rachana & Shah, Sachi. (2018). NETWORK SNIFFERS AND TOOLS IN CYBER SECURITY. // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)

**Дмитро Касаткін**

к.пед.н, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2642-8908>

[d.kasatkin@nubip.edu.ua](mailto:d.kasatkin@nubip.edu.ua)

**Сергій Мамченко**

д.пед.н., професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки, Київ, Україна

<https://orcid.org/0009-0006-8743-5606>

[s.matchenko@nubip.edu.ua](mailto:s.matchenko@nubip.edu.ua)

## ХМАРИ ЯК МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ОСВІТНЬОЇ ЕКОСИСТЕМИ У ЧАС ВИКЛИКІВ ТА ЗАГРОЗ ВОЄННОГО СТАНУ

**Анотація.** Воєнна агресія російської федерації проти України, постійні руйнування інфраструктури закладів вищої освіти ставлять питання ефективного та безперервного функціонування освітньої сфери. У роботі розглянуто питання управління та побудови безперебійної роботи закладів вищої освіти на основі понять критичної інфраструктури об'єкту захисту та аналізу інформаційних активів ЗВО. На основі проведеного аналізу на основі Національного університету біоресурсів та природокористування України визначено складову критичної інфраструктури та запропоновано використання хмарних технологій для забезпечення безперебійності, стабільності та ефективності функціонування закладу вищої освіти. Основою освітньої екосистеми ЗВО має слугувати інформаційно-комунікаційні системи освітнього спрямування, що дозволяють забезпечують виконання вказаних вимог.

**Ключові слова.** Воєнний стан, критична інформаційна структура ЗВО, хмарні технології, електронні системи навчання.

### ВСТУП

Відповідно до національного законодавства (ЗУ Про правовий режим воєнного стану. 2015 із правками від 20.06.2024): Воєнний стан – це особливий правовий режим, що вводиться в Україні або в окремих її місцевостях у разі збройної агресії чи загрози нападу, небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності та передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню, військовим адміністраціям та органам місцевого самоврядування повноважень, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності, а також тимчасове, зумовлене загрозою, обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень.

Постановка проблеми. Правові режими використовуються для врегулювання суспільних, політичних, економічних та інших відносин з метою підвищення стійкості держави до існування в умовах посилення загроз її національній безпеці [1].

Посилення загроз розглядається відповідно до: людини, суспільства, держави.

Головна цільова функція при цьому формується - забезпечення безперервного функціонування держави як складної соціальної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні наукові підходи до забезпечення безперервного функціонування системи в небезпечних умовах будується на понятті «критична інфраструктура», яка фактично забезпечує як існування системи, так і її безперервне функціонування [2]. Стійкість системи як об'єкту безпеки та захисту розглядається у поєднанні внутрішніх ресурсів і можливостей та як підсистеми більш загальної системи.

Проблематику захисту закладу вищої освіти у роботі [7] розглядають з позицій захисту інформаційних ресурсів ЗВО. Акцентовано увагу на месенджерах Viber, Telegram, які стали популярними для розгортання російської інформаційної пропаганди. Військові фахівці [3] у своїх дослідженнях зосереджують увагу на суто воєнних та військових складових інформаційної та кібербезпеки держави, залишаючи поза увагою безпекові питання суспільства та людини.

Західні фахівці розглядають проблематику інформаційної та кібербезпеки ЗВО з більш класичних підходів побудови систем захисту інформації [4; 5; 6; 8]. Дані розробки присвячені впровадженню нових прийомів, способів та підходів до розвитку систем захисту інформації на основі сучасного розуміння інформаційної та кібербезпеченого ландшафту.

Мета дослідження – проаналізувати особливості забезпечення інформаційної та кібербезпеки в закладах вищої освіти під час воєнного стану з метою забезпечення безперервності функціонування освітньої системи.

Виклад основного матеріалу.

Сучасні підходи до забезпечення кібербезпеки також як основний критерій закладають вимогу до безперебійного функціонування системи, що захищається. (серія стандартів ISO 27xxx).

Тому логічно зосередити свою увагу на критичній інфраструктурі закладу вищої освіти в частині інформаційних ресурсів та їх використання.

Традиційно, критичну інфраструктуру закладу вищої освіти складають: розвинена інформаційна інфраструктура (інформаційна екосистема), яка забезпечує передачу та рух інформації в комунікаційному просторі; Інформаційні фонди, основу яких складає наукова, навчально-методична, навчально-організаційна та інша інформація (результати наукової, науково-дослідної, освітньої, навчальної роботи; Інформація та технології, що використовують адміністративні, допоміжні та забезпечуючі підрозділи Університету.

Інформаційне суспільство надало можливість студенту оперування великими обсягами різномірної інформації, що є одним із нових спроможностей формування дійсно нових переваг здобуття нових компетентностей, які складають стандарти освітніх спеціальностей. Отже, інформація ЗВО у частині забезпечення освітньої та наукової складової, з урахуванням критерія авторства та унікальності, складає ядро інформаційної екосистеми ЗВО

Захист інформації ЗВО актуалізує проблематику побудови систем захисту інформації з урахуванням специфіки діяльності ЗВО (елемент безпеки інформаційної екосистеми ЗВО), що є одним з напрямів кібербезпеки. Категоріями кібербезпеки описується цілісність (збереження автентичності інформації), доступність (можливість використати) та конфіденційність (для збереження авторського права).

Сучасні війни набули форму гібридної війни. Гібридна війна – це війна, що розкладається на різні гармоніки, складові, які у свою чергу мають відносну самостійність. Однією з таких складових є соціальна стабільність.

ЗВО як соціально-виробнича система є об'єкт підвищеної уваги щодо атак, оскільки вносить дестабілізацію соціально-політичної ситуації у країні. Забезпечення безперервного функціонування ЗВО є завданням державної ваги. У НУБіП України навчається близько 16,5 тис. студентів та працює більше 1104 НПП (Київський центр).

Навчальні матеріали за дисциплінами накопичуються в інформаційно-комунікаційній системі e-Learn. Отже, система e-Learn є елементом критичної інфраструктури Університету.

Реалії війни, із врахуванням факторів негативного впливу, диктують як необхідну умову – наявність віддаленого та стабільного режиму доступу до e-Learn та надійних

систем захисту інформації. Також дану систему можливо розглядати як системне накопичення даних про активних та реальних студентів Університету.

Слід зазначити, що систему e-Learn можливо використовувати і як систему управління ЗВО. Наприклад, для управління на рівні Університету створюється «навчальна дисципліна – управління Університет». Новини розміщуються традиційно. Необхідні матеріали (накази, положення тощо) для вивчення – аналогічно лекційним матеріалам. Завдання для виконання – аналогічно лабораторним роботам. Фіксація термінів виконання ефективно функціонують.

На нашу думку дана обставина дозволяє говорити про принципово нову концепцію (для НУБіП) розбудови інформаційної екосистеми, яка полягатиме у загальноохоплюючому переході до хмарного середовища та перенесення до неї інформаційних надбань Університету та використання можливостей мобільності хмарного середовища. Із обов'язковою наявністю дзеркала хмари у безпечних місцях (можливо за кордоном).

Враховуючи вразливість території та матеріально-технічної бази пропонується змінити підходи до комплектування технікою навчальних аудиторій та лабораторій – оснащення їх «тонкими клієнтами» із створенням кластерів персональних віртуальних машин/контейнерів під кожного викладача та студента.

Це дозволить сконцентрувати ресурси для переходу на нові технології, що підвищать функціонування інформаційної екосистеми Університету, а саме: мобільність, надійність та безперервність.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Проведений аналіз дозволив запропонувати комплексний підхід до вирішення питання захисту та забезпечення безперервності функціонування ЗВО як соціально-економічної компоненти держави. Розглянуто критичну інфраструктуру ЗВО з точки зору забезпечення освітньої діяльності в умовах воєнного стану із врахуванням можливості територіальної мобільності контингенту.

Перспективами подальших розробок можуть бути: хмарні технології та специфіку їх впровадження в інформаційну екосистему ЗВО; теоретичні основи та практичні заходи із розвитку поняття інформаційні активи ЗВО, їх інформаційна та кібернетична безпека.

## ПОСИЛАННЯ

[1] Закон України Про правовий режим воєнного стану (від 12.05.2015 № 389-VIII). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>

[2] Мамченко С.М., Воскобойніков С.О., Тиква В.Л. «Стійкість держави у сучасних викликах та протистояннях» стаття, Збірник наукових праць НА СБУ, № 82, 2022, С. 87-96.

[3] Косошов О.М. Методика визначення заходів протидії інформаційним загрозам державі у воєнній сфері // Системи обробки інформації. – 2016, №3(140). С.25–29.

[4] Alguliyev, R. M., Imamverdiyev Y. N., Mahmudov R.S.H. (2017). Multidisciplinary scientific-theoretical problems of information security. Problems of Information Society, 8(2), 32-43. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.25045/jpis.v08.i2.04>

[5] Security in Cyberspace: Targeting Nations, Infrastructures, Individuals. Ed by G.Giacomello. Bloomsbury Publishing USA, 2014.

[6] Tikk-Ringas, E. (2015). Evolution of the Cyber Domain: The Implications for National and Global Security. London. Routledge, for the International Institute for Strategic Studies, 212 p.

[7] Сергій Близнюк, Олег Онофрійчук Забезпечення інформаційної безпеки в університетах під час воєнного стану//Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2022 (132), С. 79-84. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.1.10>

[8] McDonald R. Information Security Challenges All Universities Face. URL: <https://www.virtu.com/blog/security-challenges>

**Володимир Матієвський**

Старший викладач кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, Факультет  
інформаційних технологій, Київ, Україна  
0000-0002-1954-8493  
m\_vv@outlook.com

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УПРАВЛІННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ ТА ДОСТУПОМ ОСНОВНИХ ХМАРНИХ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ

**Анотація.** Ці тези зосереджені на аналізі і порівнянні особливостей систем управління ідентифікацією та доступом (IAM) у провідних хмарних сервісах, таких як Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP), Microsoft Azure, IBM Cloud та Alibaba Cloud. У контексті зростання глобальних кіберзагроз, ефективне управління ідентифікацією та доступом стає ключовим елементом захисту цифрових ресурсів будь-якої організації. Тези надають огляд специфікацій IAM, пропонувані різними вендорами, виокремлюючи основні функції, переваги та потенційні слабкі сторони в імплементації IAM в хмарних середовищах.

**Ключові слова:** управління ідентифікацією та доступом; IAM; хмара; Amazon Web Services (AWS); Google Cloud Platform (CGP); Microsoft Azure; IBM Cloud; Alibaba Cloud.

### 1. ВСТУП

Постановка проблеми. Все більше підприємств, державних установ та громадських організацій використовують хмарні сервіси як базу своєї цифрової інфраструктури. Це створює потребу в ефективному управлінні ідентифікацією та доступом, щоб забезпечити безпеку і конфіденційність даних.

Належне управління ідентифікацією та доступом є важливим для захисту інформації від несанкціонованого доступу або зловмисних атак. Це стає ще важливішим у контексті глобальних кіберзагроз.

Таким чином, управління ідентифікацією та доступом (Identity and Access Management далі по тексту IAM) є важливою складовою кібербезпеки, тому що воно дозволяє керувати доступом до ресурсів в інформаційно-телекомунікаційних систем.

Згідно з [1] на початку 2023 року на ринку домінують наступні хмарні постачальники AWS – 34%, Microsoft Azure – 21%, CGP – 11%, Alibab Cloud – 5%, IBM Cloud – 3%, Salesforce – 3%, Oracle Cloud – 2% і решта 18%. Кожен із вендорів має свої особливості IAM, які можуть впливати на організацію кіберзахисту інформаційних систем і їх знання допоможе спеціалістам із захисту при виборі хмарного постачальника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазвичай, у джерелах, що досліджують питання порівняння IAM [2], [3] розглядаються лише основні три провайдера (AWS, Azure, CGP), хоч вивчення більш менших конкурентів є корисним з точки зору розширення вибору, а інші дослідники, наприклад, в [4] концентруються на поточних аспектах безпеки, потенційних загрозах та пом'якшенням ризиків, пов'язаних з хмарними сервісами, з акцентом на управління ідентифікацією та доступом загалом. Також дослідники пропонують нові моделі для IAM, наприклад [5]

Мета публікації. Враховуючи це, метою тез є висвітлення процесу та особливостей управління ідентифікацією та доступом у основних хмарних постачальників, що дозволить зрозуміти специфіку та відмінності між різними платформами, допоможе керівникам ІТ-відділів вибрати найбільш підходящу хмару, яка відповідає конкретним вимогам бізнесу. Аналіз та порівняння функцій IAM може виявити передові методи і інноваційні підходи, які можуть бути впроваджені в інших системах для підвищення здатності до захисту і ефективності управління.

## 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

IAM - це практика управління доступом до ресурсів, таких як файли, додатки, обчислювальні сервіси, бази даних, віртуальні машини тощо. IAM забезпечує контроль над тим, хто має доступ до цих ресурсів та як їх можна використовувати.

IAM є важливим елементом будь-якої системи, що працює в хмарному середовищі, оскільки він забезпечує безпеку та захист ресурсів від несанкціонованого доступу. Системи IAM дозволяють керувати ідентифікацією користувачів, їх автентифікацією та авторизацією в системі. Вони також дозволяють установлювати права доступу на основі ролей та дозволів, які надаються користувачам в залежності від їхніх потреб та ролей у системі.

IAM забезпечує безпеку даних, зменшує ризик витоку чутливої інформації та забезпечує конфіденційність даних. Більшість провайдерів хмарних сервісів, такі як Amazon Web Services, Google Cloud Platform та Microsoft Azure, мають свої власні сервіси IAM, що дозволяє користувачам керувати доступом до своїх ресурсів в хмарі.

Основними характеристиками IAM в хмарах є: спосіб автентифікація користувачів, ролі (групи) користувачів, групи ресурсів, політики контролю доступу, журналювання аудиту, комплаєнс-моніторинг (відповідність нормативним стандартам, таким як HIPAA або PCI-DSS), інтеграція з іншими системами безпеки, масштабованість.

Завдяки широкому використанню хмарних технологій, завдання ідентифікації та контролю доступу стає все більш складним та важливим. Сучасні IAM-системи мають впроваджувати високі стандарти безпеки, щоб адаптуватись до змінних умов кіберзахисту та забезпечувати захист від все зростаючих загроз.

Крім того, ефективність системи IAM значно збільшується за рахунок використання штучного інтелекту і машинного навчання для аналізу поведінкових патернів користувачів і виявлення помилкових дій, що можуть вказувати на спроби несанкціонованого доступу. Ці технології дозволяють не тільки виявляти і відстежувати підозрілу активність, але і прогнозувати потенційні ризики до того, як вони стануть загрозою.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Почнемо розгляд із IAM AWS він надає такі функції: спільний доступ до облікового запису AWS; детальні дозволи (можливість надавати різні дозволи різним людям для різних ресурсів); інтеграцію з сервісами AWS і багато інших. Користувачі мають можливість використовувати IAM з допомогою консолі, командного рядка, викликів API та SDK.

Наведемо стислий алгоритм праці IAM AWS: з початку користувач використовує свої облікові дані для входу для автентифікації за допомогою AWS, далі робить запит на працю із ресурсом, якщо ця дія авторизована, то вона виконується.

І AWS, і GCP використовують ролі та політики, але використання відрізняється. Політика GC пов'язує ролі з профілями, тоді як політика AWS — це набір дозволів, які можна прикріпити до профілів.

AWS та GCP підтримують федерацію облікових записів від зовнішніх постачальників або можуть самостійно керувати обліковими записами. Основна відмінність тут полягає в тому, що в той час як AWS IAM використовується для управління обліковими записами та надання доступу, GC IAM використовується лише для надання доступу до облікових записів, керованих іншими способами.

Google Cloud розраховує ефективну політику як об'єднання політики, встановленої на цьому ресурсі, і політики, успадкованої від батьківської з AWS логіка інша. І коли політики оцінюються, явна відмова може замінити ширшу політику дозволу.

Що стосується Microsoft Azure, то в ньому частину завдань IAM виконує Azure Active Directory яка є службою корпоративної ідентифікації, яка забезпечує єдиний вхід, багатофакторну автентифікацію та умовний доступ для захисту від 99,9% атак кібербезпеки із основних відмінностей відмітимо платну функціональність починаючи із певного обсягу послуг.

IBM Cloud щоб надати доступ, користувач може призначити ролі, які надають користувачам рівні доступу для виконання завдань з керування платформою та доступу до ресурсів облікового запису.

Спосіб управління доступом в IBM Cloud залежить від типу ресурсу, якому потрібно призначити доступ. Ресурси IAM керуються із консолі за допомогою таких понять, як Користувачі (Users), Групи доступу (Access groups), Довірені профайли (Trusted profiles), Сервісні ID (Service IDs). Класична інфраструктура та ресурси Cloud Foundry не керуються за допомогою Cloud IAM. Ці типи ресурсів мають власні системи управління доступом.

Усі політики доступу складаються з суб'єкту, якому потрібно призначити доступ, цілі для політики, щоб охопити те, до чого суб'єкт має доступ, і, нарешті, ролі IAM, ролі Cloud Foundry або дозволу класичної інфраструктури для визначення рівня доступу.

В Alibaba Cloud IAM має назву Resource Access Management (RAM) та має можливості аналогічні конкурентам. Але пропонує окремо Cloud Identity as a Service (IDaaS) хмарну службу керування ідентифікацією та доступом (IAM), що охоплює комплексні функції, які забезпечують портал користувача, каталог користувачів, гнучку автентифікацію, єдиний вхід, централізовану авторизацію та аудиторську звітність.

## **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

В тезах проведено порівняльний аналіз IAM таких вендорів, як AWS, GCP, Microsoft Azure, IBM Cloud, Alibaba Cloud, вони підходять до IAM по-різному, пропонуючи унікальні функції та політики. Це відбиває різні філософії та стратегії у підході до управління ідентифікацією та доступом. Основними параметрами IAM є: протоколи аутентифікації, ролі та групи користувачів, групи ресурсів, політики використання ресурсів, списки контролю доступу, політика паролів, журнали аудиту та звітність, інтеграція з іншими системами безпеки, відповідність нормативним стандартам, масштабованість.

Можливими напрямками подальших досліджень є: розробка універсальних стандартів для IAM це може допомогти організаціям легше адаптуватися до різних хмарних сервісів з меншими зусиллями на настройку і підтримку.

Забезпечення високого рівня конфіденційності та безпеки в IAM є постійним завданням, яке вимагає постійного вдосконалення та інновацій, особливо в світлі зростаючих кіберзагроз.

Вдосконалення федеративної ідентифікації: Федеративна ідентифікація дає можливість користувачам мати один обліковий запис для доступу до різних сервісів, але потребує більш тонкої контролю та безпеки.

Міжплатформне управління IAM: З огляду на складність та варіативність хмарних платформ, дослідження ефективних підходів для управління IAM у мультихмарних середовищах є важливим напрямком досліджень.

## **ПОСИЛАННЯ**

[1] Marcus Law, Top 10 biggest cloud providers in the world in 2023. [Online]. Available: <https://technologymagazine.com/top10/top-10-biggest-cloud-providers-in-the-world-in-2023> (accessed: Jan. 11 2024).

[2] A. Guptha, H. Murali, and S. T, «A Comparative Analysis of Security Services in Major Cloud Service Providers,» in 2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 562021, pp. 129–136.

[3] I. Saeed, S. Baras, and H. Hajjdiab, «Security and Privacy of AWS S3 and Azure Blob Storage Services,» in 2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS), Singapore, 22019, pp. 388–394.

[4] I. Indu, P. R. Anand, and V. Bhaskar, «Identity and access management in cloud environment: Mechanisms and challenges,» Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 21, no. 4, pp. 574–588, 2018, doi: 10.1016/j.jestch.2018.05.010.

[5] I. A. Mohammed, «CLOUD IDENTITY AND ACCESS MANAGEMENT - A MODEL PROPOSAL,» SSRN Electronic Journal, vol. 6, pp. 1–8, 2019.

## SECTION 3. DATA PROCESSING AND SOFTWARE SYSTEMS DEVELOPMENT/ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

**Дмитро Шевченко**

Аспірант. Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Місце роботи: кафедра комп'ютерних наук, факультет інформаційних технологій НУБіП України

ORCID ID: 0009-0001-7736-8263

d.v.shevchenko@nubip.edu.ua

### РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ У ДАНИХ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**Анотація.** Дослідження присвячене використанню регресійного аналізу для виявлення закономірностей у даних моніторингу якості атмосферного повітря. Основна увага зосереджена на застосуванні методу Ordinary Least Squares (OLS) для аналізу впливу погодних факторів, таких як температура, вологість та вітер, а також концентрацій забруднювачів (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> тощо) на індекси якості повітря AQI (Air Quality Index) та CAQI (Common Air Quality Index). У рамках дослідження було реалізовано модуль, що забезпечує гнучке налаштування періодів, станцій та вимірювань, що дозволило виявити відмінності у формуванні індексів залежно від часу доби та регіональних особливостей. Отримані результати показують, що радіаційний фактор має значний вплив на обидва індекси, тоді як погодинна агрегація даних є доцільною для CAQI, а денна — для AQI. Виявлено, що вітрові умови суттєво впливають на якість повітря вдень, але вночі цей вплив зменшується. Дослідження демонструє ефективність інтеграції регресійного аналізу з сучасними технологіями моніторингу даних для прогнозування якості повітря.

**Ключові слова:** атмосферне повітря, система моніторингу, якість повітря, забруднювачі, аналіз даних, статистичний аналіз, python, statsmodels, лінійна регресія, Ordinary Least Squares (OLS), Common Air Quality Index (CAQI), Air Quality Index (AQI).

## 1. ВСТУП

**Актуальність.** Стан якості атмосферного повітря є визначальним фактором екологічної безпеки та здоров'я населення. В Україні моніторинг повітря передбачає систематичний збір, аналіз і обробку даних про концентрації забруднюючих речовин, що слугує основою для розробки державної політики у сфері охорони довкілля. Результати моніторингу дозволяють впроваджувати заходи зі зниження забруднення повітря та поліпшення його якості.

Якість повітря залишається нестабільною через промислові викиди, транспорт, спалювання палива, а також природні чинники, такі як лісові пожежі чи пилові бурі. Це зумовлює забруднення повітря токсичними речовинами (вуглеводні, оксиди азоту та сірки, тверді частки), що завдає шкоди здоров'ю людей, екосистемам та екологічній рівновазі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У звіті Київської міської державної адміністрації за 2023 рік[1] представлено результати моніторингу якості атмосферного повітря на основі даних, зібраних 46 індикативними та 7 референтними автоматичними станціями. Незважаючи на високий рівень комплексного індексу якості повітря (CAQI), було зафіксовано численні перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) для оксидів азоту, а також значне перевищення середньодобових рівнів ГДК для приземного озону майже на всіх референтних станціях.

Порівняння цих даних із результатами Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського виявило технічну застарілість державної системи моніторингу,

яка не забезпечує повної та актуальної інформації про стан повітря. Ця ситуація підкреслює необхідність модернізації системи моніторингу та забезпечення регулярного доступу до даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень з покращення якості повітря в Києві.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є використання регресійного аналізу для виявлення закономірностей у даних моніторингу якості атмосферного повітря, що дозволить оцінити вплив різних факторів на рівень забруднення. Дослідження спрямоване на розробку методології аналізу.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Система моніторингу якості атмосферного повітря базується на сучасних технологіях збору, зберігання та обробки даних. Її архітектура передбачає використання IoT-пристроїв, які збирають дані про ключові параметри повітря, включаючи концентрації забруднюючих речовин, температуру, вологість та інші екологічні показники. Ці пристрої забезпечують постійний потік даних у реальному часі, що є критично важливим для ефективного моніторингу стану повітря.

Зібрані дані інтегруються з іншими джерелами, такими як платформи муніципального моніторингу (наприклад, КМДА), громадські ініціативи (SaveEcoBot) та MQTT-сервери. Така багатоджерельна система дозволяє отримати комплексну картину стану повітря та забезпечити актуальність даних. Дані передаються до централізованої бази даних, яка базується на PostgreSQL. Це забезпечує їх надійне зберігання та доступ для подальшої обробки.

На основі накопичених даних реалізовано два підходи до оцінки якості атмосферного повітря: Air Quality Index (AQI, США) та Common Air Quality Index (CAQI, Європа). Обидва індекси слугують ключовими показниками рівня забруднення повітря та відображають потенційні ризики для здоров'я населення, хоча між ними існують певні відмінності. Регресійний аналіз потрібен для виявлення закономірностей між концентраціями забруднювачів, погодними умовами та індексами якості повітря.

В даній статті буде використовуватись Ordinary Least Squares (OLS)[3], що є одним із найпоширеніших методів оцінювання параметрів лінійної регресії. Його основна мета полягає у визначенні таких значень коефіцієнтів, які мінімізують суму квадратів відхилень між фактичними значеннями залежної змінної (цільової змінної) та значеннями, передбаченими регресійною моделлю.

Метод OLS ґрунтується на розрахунку прямих, які найкраще описують взаємозв'язок між незалежними змінними  $X_1, X_2, \dots, X_k$  і залежною змінною  $Y$ . OLS базується на мінімізації суми квадратів залишків (SSE) для побудови моделі, яка найкраще описує взаємозв'язок між залежною змінною і незалежними змінними.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У рамках системи моніторингу якості повітря було реалізовано модуль, який забезпечує гнучке налаштування параметрів для аналізу даних на основі регресійної моделі OLS на основі бібліотеки Statsmodels[6], яка є потужним інструментом для статистичного моделювання в Python. Інструмент надає можливість виконувати персоналізований запит за допомогою фільтрації, зображеної на рисунку 1.

Analysis Hide Filter Form

Stations: 016: Kyiv, Kharkivske shose, 7/1(KMDA) - Active

Period from: 2024-08-10

Period to:

Regression type: Ordinary Least Squares

Average type: Hours

Time period: All Day(24 hours)

Dependent measurement: Common Air Quality Index(Own)

Independent measurements: PM10, PM2.5, Nitrogen dioxide(NO2), Wind speed(WS), Sulfur dioxide(SO2), Radiation

**ANALYZE**

Рисунок 1. Налаштування та задання параметрів для аналізу

У результаті проведення регресійного аналізу отримано кілька ключових компонентів, що характеризують якість моделі та взаємозв'язки між змінними, з якими можна ознайомитися на рисунку 2. Основні метрики моделі включають частку варіації залежної змінної що поясненена незалежними змінними. Також було розраховано F-статистику, що оцінює загальну значущість моделі, та її ppp-значення, яке підтверджує статистичну значущість. Додатково, аналіз залишків моделі забезпечує глибше розуміння її відповідності даним. Для кожної незалежної змінної отримано таблицю коефіцієнтів регресії ( $\beta$ ), що включає стандартні похибки, ttt-значення та ppp-значення. Важливість змінних оцінюється на основі їх статистичної значущості.

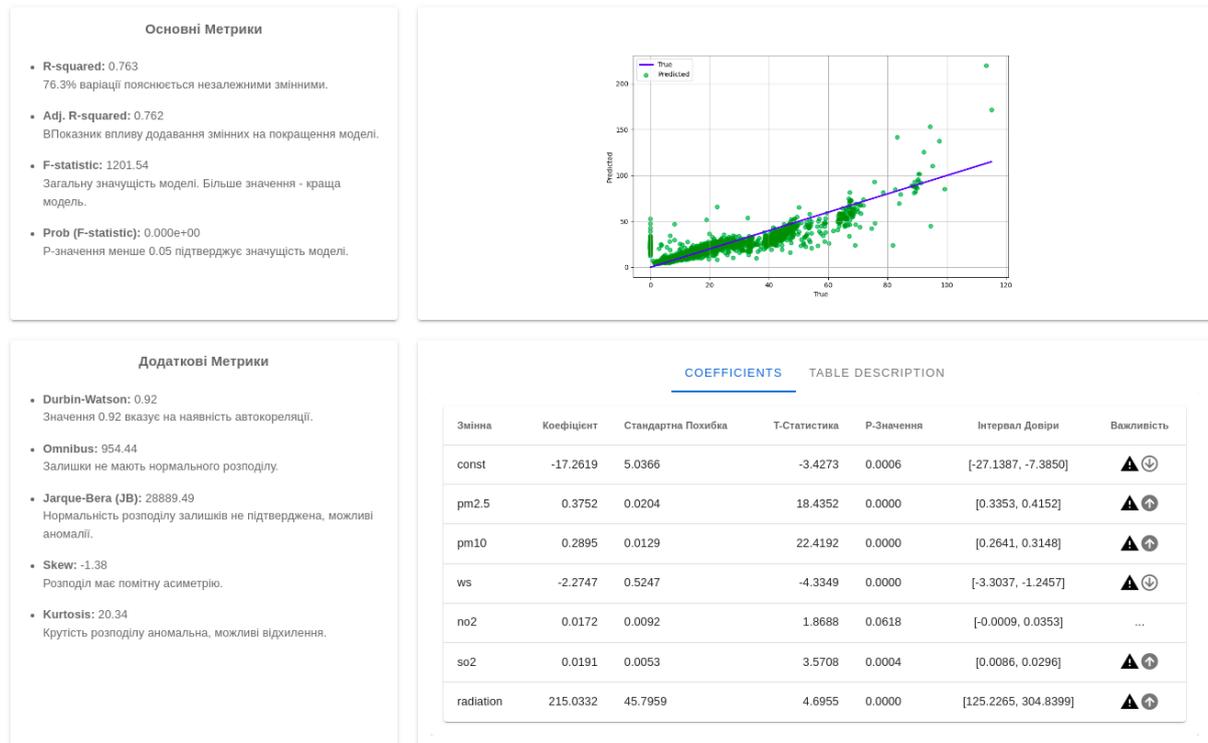


Рисунок 2. Результати регресійного аналізу для CAQI

**Підсумок та власні спостереження.** Аналіз результатів, отриманих за допомогою розробленого модуля, дозволив виявити важливі закономірності у формуванні індексів якості повітря (AQI та CAQI) та особливості їх використання. Радіаційний фактор виявився вагомим чинником, який суттєво впливає на формування обох індексів.

При порівнянні підходів до розрахунку індексів виявлено, що для CAQI більш ефективно використовувати погодинні середні значення, тоді як для AQI доцільно застосовувати денні середні. Така різниця підтверджує різні алгоритми розрахунку та їхній вплив на кінцеві результати. Це дозволяє більш точно адаптувати аналіз під конкретні завдання та регіональні особливості.

Цікаве спостереження стосується впливу вітру на SAQI: у нічний час вітер не має значного впливу на індекс якості повітря, тоді як у денний час або за повний день його вплив є помітним. Це свідчить про зменшення інтенсивності вітру вночі, що знижує його здатність до розсіювання забруднювачів, відповідно вносячи корекції в результати моделювання.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати дослідження демонструють ефективність застосування регресійного аналізу для виявлення закономірностей у даних моніторингу якості атмосферного повітря. Реалізований модуль аналізу з гнучкими налаштуваннями підтвердив свою здатність забезпечувати детальне дослідження взаємозв'язків між різними екологічними параметрами, зокрема радіацією, вітром та концентраціями забруднювачів. Отримані висновки щодо особливостей впливу цих чинників на індекси AQI та SAQI дозволяють вдосконалювати методології прогнозування якості повітря, орієнтуючись на специфіку регіонів та часових періодів.

Особливу увагу заслуговують результати, які вказують на відмінності у підходах до розрахунку AQI та SAQI. Погодинна агрегація даних для SAQI та денна — для AQI забезпечують точніше моделювання і відображення реальної ситуації.

У перспективі дослідження може бути розширене шляхом інтеграції додаткових регресійних моделей, таких як нелінійна регресія чи моделі часових рядів, для врахування складніших взаємозв'язків у даних. Використання OLAP-аналітики та методів Data Mining на основі зібраних даних дозволить автоматизувати пошук прихованих залежностей і аномалій, що сприятиме більш точному прогнозуванню та формуванню ефективних екологічних стратегій.

## ПОСИЛАННЯ

1. Обговорення звіту КМДА про результати моніторингу якості атмосферного повітря у місті Києві за 2023 рік. URL: <https://nubip.edu.ua/node/141976>
2. Шевченко Д.В., Голуб Б.Л. Архітектура Інформаційного Компоненту Системи Моніторингу Якості Атмосферного Повітря. URL: <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1585/>
3. Understanding Ordinary Least Squares (OLS). URL: <https://medium.com/@dahami/understanding-ordinary-least-squares-ols-and-its-applications-in-statistics-machine-learning-ad2c13681501>
4. Python Documentation. URL: <https://www.python.org/StatsModels/Ordinary/Least/Squares/Documentation>. URL: <https://www.statsmodels.org/dev/examples/notebooks/generated/ols.html>

## Юрій Міловідов

Старший викладач кафедри комп'ютерних наук

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ,  
Україна

*milovidov@email.ua*

# СЕРІАЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТУ ДЕРЕВО ГАФФМАНА ПІД ПЛАТФОРМОЮ .NET 7.0

**Анотація.** В авторській програмі стиснення даних на основі метода кодування Гаффмана, яка не тільки виконує процес компресії і декомпресії, але і дозволяє спостережати за реалізацією всіх процесів використаний механізм бінарної серіалізації об'єктів - процес перетворення об'єкта в потік байтів. Розглянуті альтернативні алгоритми бінарної серіалізації, яка не підтримується платформою .NET 7.0 і вище.

**Keywords:** Huffman algorithm, Binary trees, Adaptive Huffman coding, serialization, deserialization.

## 1. ВСТУП

Алгоритм Гаффмана (Huffman's algorithm) використовується для стиснення даних і лежить в основі роботи багатьох архіваторів. Для компресії і декомпресії використовується дерево Гаффмана, яке по суті є ключем. Цей ключ необхідно зберегти. Для цього в програмі використаний механізм бінарної серіалізації об'єктів, але починаючи з версії .Net 7.0 цей механізм вважається застарілим і не підтримується.

Через те треба шукати альтернативні методи.

**Мета дослідження:** Провести порівняльний аналіз альтернативних методів серіалізації, які рекомендуються розробниками платформи .Net 7.0 та вище.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДСТАВИ

Ідея, що покладена в основу кодування Гаффмана, заснована на частоті появи символу в послідовності. Символ, який зустрічається в послідовності найчастіше, отримує новий дуже маленький код, а символ, який зустрічається найрідше, отримує, навпаки, більш довгий код. Це потрібно для того, щоб символи, які зустрічаються найчастіше, зайняли найменше місця, а самі рідкісні - більше.

Для розуміння цього алгоритму необхідно знати устрій бінарного дерева. Вузлом такого дерева є елемент, що містить код символу, його частоту і посилання на ліве і праве піддерево.

Для прикладу візьмемо рядок «Слава Україні». Щоб отримати код для кожного символу на основі його частотності, нам треба побудувати бінарне дерево. Кожен лист цього дерева буде містити символ. Дерево буде будуватися від листа до кореня. Символи з меншою частотою будуть далі від кореня, ніж символи з більшою частотою.

Для початку порахуємо частоти всіх символів. Після обчислення частот створимо вузли бінарного дерева для кожного символу і додамо їх в чергу, використовуючи частоту в якості пріоритету

Тепер дістаємо два перших елемента з черги і пов'язуємо їх, створюючи новий вузол дерева, в якому вони обидва будуть нащадками, а пріоритет нового вузла буде дорівнює сумі їх пріоритетів.

Після цього додаємо новий вузол назад в чергу враховуючи його пріоритет і повторимо ті ж кроки.

Після того, як будуть пов'язані два останніх елемента, вийде підсумкове дерево. Це і є дерево Гаффмана. (рисунок 1)

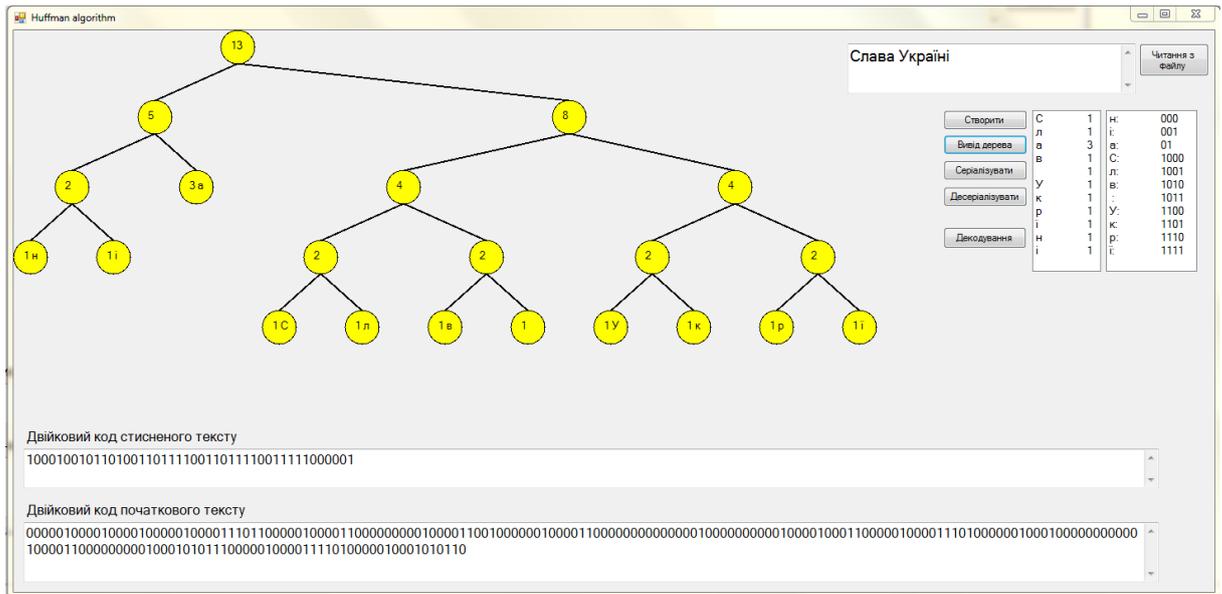


Рисунок 1. Інтерфейс користувача. Дерево Гаффмана.

Щоб розшифрувати закодований рядок, треба просто йти по дереву, згортаючи в відповідну кожному біту сторону до тих пір, поки ми не досягнемо листа.

Для кодування використовується таблиця Гаффмана, а для декодування - дерево Гаффмана, яке по суті є ключем. Цей ключ також необхідно зберегти. Для цього в програмі використаний механізм бінарної серіалізації об'єктів. Серіалізація представляє процес перетворення будь-якого об'єкта в потік байтів. Після перетворення ми можемо цей потік байтів зберігти в бінарному файлі. А при необхідності можна виконати зворотний процес - десеріалізацію, тобто отримати з потоку байтів раніше збережений об'єкт.

### 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розробки обрана мова програмування C#. Зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програми представлений на рисунку 1. Для бінарної серіалізації застосовувався клас BinaryFormatter. Використання BinaryFormatter у сучасних версіях .NET вважається застарілим через проблеми безпеки. Натомість рекомендується використовувати інші формати серіалізації.

У .NET 8.0 двійкова серіалізація розвинулася з попередніх версій для підвищення безпеки, продуктивності та сумісності. Ось огляд того, що слід враховувати при бінарній серіалізації в .NET 8.0:

- System.Text.Json: для більшості завдань серіалізації рекомендується використовувати System.Text.Json. Він підтримує серіалізацію та десеріалізацію JSON із високою продуктивністю та безпекою.

- Бібліотеки сторонніх розробників:

- protobuf-net: реалізує буфери протоколів для ефективною та портативною серіалізації.

- MessagePack: швидкий і компактний формат для двійкової серіалізації, підходить для програм, які потребують ефективною передачі даних.

Ці підходи забезпечують безпечні та ефективні механізми серіалізації для .NET 8.0, не покладаючись на застарілий BinaryFormatter.

#### **4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

У .NET 8.0, підходи забезпечення безпечних та ефективних механізмів серіалізації суттєво вдосконалені для задоволення сучасних вимог розробки. Основні підходи включають:

JSON-серіалізація за допомогою System.Text.Json:

Безпека серіалізації:

У .NET 8.0 значна увага приділяється безпеці під час серіалізації. Зокрема, використовуються підходи для запобігання таким загрозам, як атаки десеріалізації, що можуть призвести до виконання шкідливого коду.

Запроваджені нові опції для захисту конфіденційних даних, включаючи можливість виключення приватних або чутливих полів з процесу серіалізації.

#### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Бінарна серіалізація у Visual Studio 2022, як і в інших версіях .NET, дозволяє зберігати об'єкти у файл або передавати їх через мережу у вигляді бінарного потоку. У .NET Core та .NET 5/6/7 підтримка бінарної серіалізації відрізняється від старих версій .NET Framework, де застосовувався клас BinaryFormatter. Використання BinaryFormatter у сучасних версіях .NET вважається застарілим через проблеми безпеки. Натомість рекомендується використовувати інші формати серіалізації.

#### **ПОСИЛАННЯ**

1. David A. Huffman; A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes Proceedings of the IRE ( Volume: 40, Issue: 9, Sept. 1952) Pages: 1098 – 1101. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4051119/citations#citations> – Назва з екрана.
2. Кормен, Томас; Лейзерсон, Чарльз; Рівест, Рональд; Стайн, Кліфорд (2019). 16.3: Коды Гафмена. Вступ до алгоритмів (вид. 3). К.І.С. с. 443–451. ISBN 978-617-684-239-2
3. Об'єктно-орієнтоване програмування: навчальний посібник. Друге видання / Ю.О. Міловідов. – К. НУБіП України, 2022. – 323с.
4. Алгоритми і структури даних: навчальний посібник. Друге видання / Ю.О. Міловідов., Т.А. Баранова – К. НУБіП України, 2024. – 225с.

**Сергій Денисюк**

Д.т.н., професор, професор кафедри електропостачання  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0002-6299-3680  
spdens@ukr.net

**Галина Белоха**

К.т.н., доцент, доцент кафедри електропостачання  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0003-4277-367X  
pointage13@gmail.com

**Володимир Хиленко**

Д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерних наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0003-3491-8621  
vkhilenko@nubip.edu.ua

**Олексій Степанов**

Старший викладач кафедри комп'ютерних наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0002-0939-6991  
stepanov@nubip.edu.ua

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОМЕРЕЖАМИ

**Анотація.** Розглянуті питання підвищення якості керування енергомережами за рахунок застосування технологій блокчейн та використання смарт-контрактів. Показано необхідність використання спеціалізованих математичних алгоритмів для аналізу, динамічних процесів у мережі, що враховує нелінійний характер змін навантаження. У цьому вважається, що пошук оптимального розподілу потужності між генераторами задля забезпечення мінімальних витрат учасників мережі складає основні методів нелінійного програмування. Надано відповідні приклади аналізу перехідних процесів в енергомережі.

**Ключові слова:** блокчейн, енергосистема, смарт-контракти, керування мережами.

### 1. ВСТУП

Цифровізація енергетики відкриває широкий спектр можливих застосувань нових інформаційних технологій, зокрема технології блокчейн та смарт-контрактів для підвищення якості систем управління енергомережами та, зокрема, мережами Microgrid. Саме робота системи управління багато в чому визначає ефективність Microgrid.

Саме від роботи системи менеджменту багато в чому залежить ефективність Microgrid. Використання Smart-контрактів дає змогу своєчасно формувати базу даних системи управління, що відповідно спрощує її роботу та підвищує швидкість, прозорість та регулярність розрахунків між учасниками Microgrid. Саме смарт-контракт зберігає записи необхідних правил, виконання яких запускає певні інструкції, вбудовані в смарт-контракт. У парадигмі торгівлі енергією смарт-контракт можна використовувати для автоматизації управління енергетичними транзакціями між партнерами як систему для ефективної торгівлі енергією. Правила енергетичних транзакцій можна розмістити в смарт-контрактах, які неможливо змінити [1]. Крім того, смарт-контракт може забезпечити прозорі ринки торгівлі енергією, де всі учасники довіряють контрактам, що може зменшити витрати на мережу, а також витрати на торгівлю малими відновлюваними джерелами енергії. Враховуючи

наявність різних типів виробників енергії в мережі Microgrid, розумний контракт надає більше можливостей і прозорості для споживачів, які, наприклад, можуть торгувати своїми непередбачуваними надлишками від виробництва відновлюваних джерел енергії.

Використання Smart-контрактів зазвичай вимагає наявності блокчейну і, відповідно, збереження історії контрагентів мережі. При цьому смарт-контракт може передбачати, що як тільки блокчейн підтвердить, що договір купівлі-продажу електроенергії схвалено, ціна сплачується автоматично. Це означає, що ризик затримки або несплати знижується, оскільки транзакція здійснюється поза регульованим середовищем «формальних» платформ для торгівлі електроенергією [2].

Розумні контракти є потенційно потужною технологією для створення децентралізованих і трансактивних енергетичних систем.

## **2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ**

Процеси смарт-контрактів для Microgrid, які включають шість різних рівнів, описані в [3]. На першому рівні надаються вхідні дані з мережі Microgrid, навантаження, агрегаторів. На другому рівні інформація передається в алгоритм управління розподілом і передачею електроенергії. Він включає технічну оптимізацію з використанням ефективних алгоритмів розрахунку. Як правило, такі розрахунки виконуються поза розумними контрактами. Щоб оптимізувати джерело живлення та навантаження, ви можете підключати/вилучати блоки джерел та навантажень до/від системи або перерозподіляти потужність генераторів для зменшення витрат.

На наступному рівні за розрахунковими даними укладаються попередні договори. Далі йде рівень блокчейну, верифікація, шифрування. На п'ятому та шостому рівнях здійснюються обчислювальні процеси та фізична передача інформації між вузлами Microgrid.

Як правило, Microgrid складається з кількох джерел розподіленої генерації - це система розподілу, яка забезпечує локальне електричне навантаження з можливістю підключення до мережі та автономної роботи. Незалежно від режиму роботи мікромережі, управління активною та реактивною потужністю безпосередньо впливає на робочу поведінку системи з точки зору стабільності напруги, потужності та якості електроенергії.

## **3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

При автономній роботі доступна потужність генераторів повинна відповідати загальному навантаженню мікромережі, інакше система повинна бути розвантажена, щоб задовольнити вимоги до генерації та попиту. Крім того, необхідні стратегії керування живленням, щоб зменшити тремтіння в динаміці системи та покращити перехідні процеси перемикавання навантаження, оскільки немає нескінченного джерела живлення.

Для смарт-контрактів, як зазначалося раніше, при формуванні динамічних тарифів необхідно враховувати навантаження, особливості генерації джерел, що входять до складу Microgrid, і втрати енергії на передачу для забезпечення низьких цін.

Стійке керування генераторами можна досягти за допомогою зв'язку між ними. Системи керування створюються на основі локально вимірних параметрів, необхідних для покращення часу відгуку системи, надійності та мінімізації витрат.

Критерії, за якими оптимізується Microgrid, в основному поділяються на дві категорії: економічність і надійність [4]. Питання про те, яким критеріям слід надати пріоритет, і вибір рівня допустимості кожного з критеріїв залишаються на розсуд розробника системи. Економічні критерії в основному стосуються вартості системи

або, в деяких випадках, складу системи, тоді як критерії надійності мають пріоритет над продовженням живлення навантаження. Хоча використання мікромереж на основі розподілених джерел електроенергії та відновлюваних джерел як «чистих» джерел енергії з низькими витратами на технічне обслуговування та експлуатацію є перспективним, початкові інвестиційні витрати, необхідні для встановлення мікромережі, дуже високі, що робить вартість енергії та час окупності дуже висока.

У випадку нелінійних функцій і коли навантаження змінюється стрибкоподібно, завдання оптимізації витрат є більш складним і вимагає використання спеціального математичного апарату системного аналізу. Один із підходів є використання нелінійних методи програмування для пошуку оптимального розподіл потужності між генераторами для забезпечення мінімальних витрат учасників Microgrid.

В області нелінійного програмування з обмеженнями (умовна оптимізація) методи вирішення вказаних проблем менш розроблені порівняно з галуззю нелінійного програмування без обмежень (безумовна оптимізація). Розглянемо роботу енергомережі з використанням алгоритмів керування на основі методи нелінійного програмування. При цьому проблема оптимізації буде розглядатись як максимізувати прибуток і мінімізувати операційні витрати. Алгоритм реального часу повинен багаторазово виконувати обчислення використовуючі вхідні дані. Новий стан системи при цьому необхідно регулярно оцінювати і після отримання нових даних процедуру оптимізації слід повторити.

## **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Проведені розрахунки і аналіз відповідних графіків показує, що при оптимальному управлінні витрати учасників мережі знизилися в середньому на 2% порівняно з випадком, коли управління є не оптимізованим.

Використання оптимізованого управління є особливо ефективним під час перехідних процесів пов'язаних із зміною структури мережі і відключенні або додатковому підключенні генераторів.

## **ПОСИЛАННЯ**

[1] Smart contract formation enabling energy-as-a-service in a virtual power plant Sambet Mishra, Cletus John Crasta, Chiara Bordin, Jordi Mateo-Fornés First published: 22 October 2021 Volume 46, Issue 3 10 March 2022 Pages 3272-3294 <https://doi.org/10.1002/er.7381>

[2] Yinan Li, Wentao Yang, Ping He, Chang Chen, Xiaonan Wang, Design and management of a distributed hybrid energy system through smart contract and blockchain, Applied Energy, Volume 248, 2019, Pages 390-405, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.132>.

[3] Desen Kirli, Benoît Couraud, Valentin Robu, Marcelo Salgado-Bravo, Sonam Norbu, Merlinda Andoni, Ioannis Antonopoulos, Matias Negrete-Pincetic, David Flynn, Aristides Kiprakis Smart contracts in energy systems: A systematic review of fundamental approaches and implementations, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 158, 2022, 112013, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112013>.

[4] Siddaiah, R., Saini, R.P. A review on planning, configurations, modeling and optimization techniques of hybrid renewable energy systems for off grid applications', Renew. Sustain. Energy Rev., 2016, 58, pp. 376–396

**Дмитро Ніколаєнко**

к.е.н., ст.викладач  
Національний університет біоресурсів та природокористування України,  
кафедра Комп'ютерних наук  
0009-0008-4817-3951  
d.nikolaenko@nubip.edu.ua

**Jan Korych**

Unicorn Systems, Business architect, Czech Republic, Prague  
jan.korych@unicorn.com

## МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БАЛАНСУЮЧИМ РИНКОМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ КРАЇНИ

**Анотація.** В статті розглянуто питання моделювання інформаційної системи управління балансуєчим ринком електроенергії. Запропонована система відповідає міжнародним стандартам, таким як ENTSO-E, що забезпечує сумісність із європейськими платформами для обміну балансуєчою енергією. Особлива увага приділяється автоматизації процесів, таких як обробка заявок учасників ринку, розрахунок попиту та пропозиції, а також інтеграція з центральноєвропейськими платформами. Дослідження підкреслює важливість впровадження таких рішень для забезпечення стабільності та ефективності енергетичних систем в умовах інтеграції національного ринку до європейського.

**Ключові слова:** Балансуєчий ринок, Енергетична система, ENTSO-E, Інформаційна система, Автоматизація, Розрахунок попиту і пропозиції, Міжнародна інтеграція.

### 1. ВСТУП

Сучасна енергетична система стикається з безпрецедентними викликами, пов'язаними із забезпеченням надійності, ефективності та екологічної стійкості. Балансування попиту та пропозиції електроенергії набуло особливого значення через зростаючу роль відновлюваних джерел енергії, що характеризуються нестабільністю виробництва, а також через необхідність інтеграції національних енергетичних ринків у глобальні мережі [1], [2]. Особливо актуально це завдання в контексті інтеграції енергетичних ринків України та ЄС, що розпочалося з синхронізації електромереж у 2022 році. Ця інтеграція, здійснена в рамках ENTSO-E, дозволила Україні покращити стабільність енергосистеми та розширити можливості для торгівлі електроенергією в обох напрямках між Україною та Європою [1], [3].

У цьому контексті автоматизація та впровадження сучасних інформаційних систем для управління балансуєчими ринками є ключовими факторами для забезпечення стабільності системи. Такі системи дозволяють оптимізувати розподіл ресурсів, підвищити прозорість ринку та мінімізувати витрати на регулювання попиту. Досвід країн ЄС показує, що стандартизація процесів балансування, наприклад через використання платформ aFRR та mFRR, сприяє покращенню інтеграції ринків та зниженню витрат на електроенергію [4], [5].

Мета даної статті полягає у висвітленні напрацювань, що стосуються розробки інформаційної системи, яка дозволяє, за умови впровадження балансуєчого ринку електричної енергії, забезпечувати автоматизацію, та, як результат, стале функціонування бізнес процесу та всієї енергетичної мережі країни.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Запропонована система розроблена у відповідності до міжнародних стандартів [6] що забезпечує можливість її використання не тільки в межах окремої держави, але і для впровадження об'єднаного ринку балансуєної енергії, що включає декілька країн.

Основою для роботи інформаційної системи балансуєного ринку є наступні складові:

- отримання та зберігання заявок від учасників ринку,
- розрахунок та коригування попиту на електричну енергію,
- зберігання інформації щодо наявних потужностей міждержавних перетинів,
- задоволення попиту на електричну енергію з використанням клірінгового алгоритму, зберігання та відправка результатів активації заявок до учасників ринку,
- дизагрегація результатів активацій до рівня кінцевих виробничих потужностей.

Функціональність системи представлена за допомогою діаграми прецедентів наведеної на наступному рисунку.

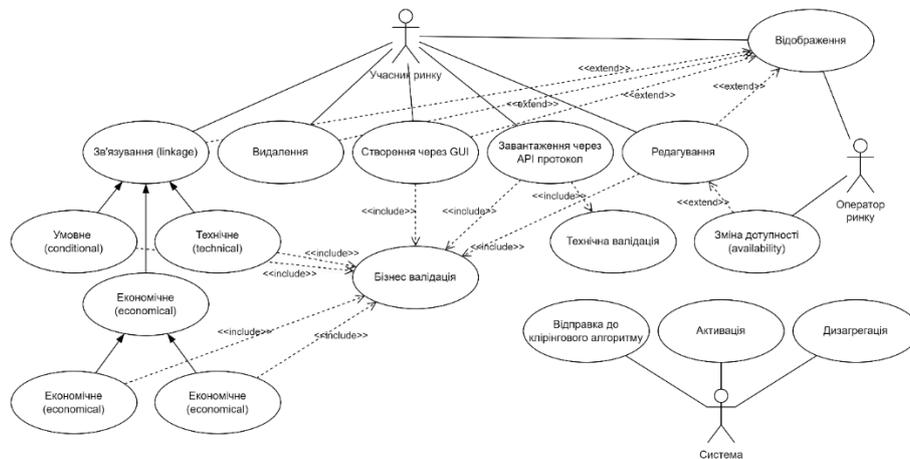


Рисунок 1. Основний функціонал системи

Загалом запропоновану систему можна декомпонувати до декількох модулів.

Модуль конфігурації відповідає за ведення основних даних та конфігурації системи, які включають: довідники (учасники ринку, балансуєчі зони, виробничі потужності, тощо), балансуєчі продукти, конфігурації процесів, глобальні конфігурації системи.

Модуль заявок надає можливість учасникам ринку створювати заявки в системі як безпосередньо через GUI системи так і через API канал. При створенні через GUI система автоматично виконує технічну перевірку створюваних заявок. При створенні заявок як через GUI так і через API кожна заявка перевіряється з точки зору бізнес валідації.

Для завантаження заявок використовується CIM XML формат документу відповідно до ENTSO-E EDI ReserveBid\_MarketDocument [6]. Використання даного міжнародного формату дозволяє стандартизувати даний механізм, що, з одного боку, забезпечує відповідність системі міжнародним вимогам, з іншого, надає можливість використання системи різними країнами без необхідності адаптації іншого програмного забезпечення до протоколу обміну даними.

Модуль попиту забезпечує отримання та зберігання вихідних даних необхідних для прорахунку попиту та безпосередньо сам розрахунок з метою мати якомога точніше значення попиту на електричну енергію, що базується на наступних даних: поточні програми генеруючих потужностей, наявні обмеження та ліміти, прогнозні дані споживання та виробітки, тощо.

Розрахунок попиту відбувається передчасно для його задоволення за рахунок планових активацій (scheduled activation) та безпосередньо під час «торгового часу» для задоволення прямими активаціями (direct activation).

Модуль інтеграцій є відповідальним за всі інтеграції як з внутрішніми системами з метою отримання даних, необхідних для розрахунків, так і з зовнішніми системами, такими як центральні платформи та інформаційні системи учасників ринку.

Модуль активацій та дизагрегації є головною складовою частиною системи. Заявки учасників ринку та розрахований попит відправляються до клірінгового алгоритму центральної платформи, яка забезпечує активацію заявок учасників з метою задоволення попиту системних операторів на електричну енергію. Ключовою метою алгоритму є задоволення попиту за рахунок заявок з найнижчою ціною використовуючи можливості транскордонних перетоків електричної енергії, що надає максимальний соціально-економічний ефект та суттєво знижує загальні витрати на балансуєчу електричну енергію завдяки.

Після того, як результати отримані відповідні активаціям диспетчерські інструкції відправляються до учасників ринку з метою їхнього подальшого виконання генеруючими потужностями.

## **ВИСНОВКИ**

Розроблена інформаційна система управління балансуєчим ринком електроенергії відповідає сучасним міжнародним стандартам і забезпечує сумісність із європейськими платформами ENTSO-E. Впровадження такої системи дозволяє автоматизувати ключові процеси ринку, зокрема обробку заявок, розрахунок попиту, інтеграцію із зовнішніми платформами та активацію балансуєчих ресурсів та зниженню витрат на балансування та оптимізації транскордонних перетоків електроенергії.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на розширенні функціональних можливостей системи, таких як розробка та впровадження вбудованого оптимізаційного алгоритму для забезпечення функціонування під час недоступності центральної клірінгової платформи.

## **ПОСИЛАННЯ**

1. European Commission, "Two years since Ukraine and Moldova synchronized electricity grids with the EU," Directorate-General for Energy, Mar. 15, 2024. [Online]. Available: <https://energy.ec.europa.eu>
2. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP), "Connecting Ukraine to Europe's electricity grid," 2023. [Online]. Available: <https://www.swp-berlin.org>
3. International Energy Agency (IEA), "Ukraine's energy security and the coming winter – Analysis," 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org>
4. Joint Research Centre (JRC), "Policy options for reforming the European wholesale electricity market," European Commission, 2023. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu>
5. Research Square, "Balancing cleaner energy and geopolitical interests in the complex transition of the European electricity mix," 2023. [Online]. Available: <https://www.researchsquare.com>
6. Electricity Balancing in Europe: Guidelines. ENTSO-E, 2018. [Online]. Available: <https://www.entsoe.eu/>

**Yuliia Boiarinova**

PhD, Senior Researcher, associate professor  
National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine  
ORCID ID 0000-0002-8974-529X  
ub@ua.fm

**Vladislav Seletkov**

student  
National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv, Ukraine  
seletkov.vladyslav@ill.kpi.ua

## METHOD OF SECURELY STORING THE PRIVATE KEY OF THE BLOCKCHAIN NETWORK ACCOUNT

**Abstract.** This paper investigates methods for securely storing private keys of accounts in blockchain networks, in particular, symmetric (AES) and asymmetric (RSA) encryption methods. Secure storage of a private key is a critically important task, since compromise of the key can lead to loss of user assets and significant losses. The paper focuses on advanced approaches, such as key fragmentation, parallel encryption, and combined use of AES and RSA algorithms. The advantages of the AES algorithm are considered, which provides high encryption speed and efficiency due to support for parallel computing. RSA, for its part, guarantees a high level of security due to the use of long keys and the ability to store private key fragments in local secure storage. The study presents ways to combine these algorithms to achieve a balance between performance and security. In particular, a process of pre-encryption of the private key using AES with the subsequent use of RSA for secure storage of encrypted fragments is proposed. The practical part of the work demonstrates the effectiveness of the proposed methods. The comparison shows that AES works approximately five times faster than RSA, but RSA has much greater resistance to attacks. The use of parallel processing reduces the time for encrypting keys compared to serial data processing. The proposed methods are promising for use in financial, medical and other areas where a high level of protection is required. They demonstrate better resistance to attacks, reducing the risk of unauthorized access compared to traditional methods. The use of these approaches allows to significantly improve the security of storing private keys.

**Keywords:** AES; RSA, Private Key, resistance

### 1. INTRODUCTION

In today's blockchain environment, where a private key provides account access and network transactions, its secure storage is critical. Compromise of the private key leads to the loss of control over the account where the user's assets are stored, which can cause significant financial and informational losses. Thus, the problem of secure storage and use of a private key becomes key in the context of ensuring information security of blockchain systems and has great practical significance. Recent research in the field of blockchain account security has focused on the development of robust encryption algorithms, fragmentation methods, and multi-factor authentication. A significant part of research uses such approaches as symmetric and asymmetric encryption (AES[1] and RSA algorithms[2]), and key storage technologies in secure hardware modules etc. despite great achievements in the field of private key protection, the issue of increasing resistance to attacks remains relevant. There is a need for integrated approaches that combine multiple layers of protection to minimize the risk of key compromise. In this work, improved methods of fragmentation and parallel encryption are considered, which allow to ensure greater efficiency for the protection of the account key.

The purpose of this study is to propose methods of secure storage of the private key of the blockchain network account, which are aimed at minimizing the risks of unauthorized access.

## **2. THE THEORETICAL BACKGROUNDS**

Private Key (PK) [3] storage requires a high level of protection, as its compromise will lead to a complete loss of access to assets and data. For secure PK storage, two basic methods are chosen - symmetric AES and asymmetric RSA encryption. The main reasons for choosing AES for PK protection are its resistance to modern cryptographic attacks, its high encryption speed, which makes it suitable for parallel computing, and it provides fast access to the encrypted key. RSA is one of the most stable methods that uses two keys. The investigated methods implement the AES and RSA algorithm. The account's PK blockchain is first processed by the appropriate encryption algorithm using a specially generated key. The PK is stored locally in a file or some secure storage. The process of encrypting the PK and storing its individual encrypted fragments in different repositories takes place in parallel. A combination of symmetric and asymmetric encryption is also possible to increase protection. In the case of an attack on the system, even an attempt to break one type of encryption will not allow access to the PK blockchain account.

## **3. RESEARCH METHODS**

Two key algorithms were chosen to investigate the secure storage of blockchain account PKs: symmetric AES encryption and asymmetric RSA encryption. Using AES to encrypt the PK ensures its secure storage and fast access during decryption. AES uses a fixed-length symmetric key that is generated using a cryptographically secure random number generator [1]. This key must be unique and stored separately or encrypted to prevent unauthorized access. The blockchain account PK is encrypted using AES, converting it into an encrypted format that can be securely stored in a local file or database. Due to the symmetry of AES, this process is fast and efficient even when processing many keys [4]. The encrypted PK is stored locally in a secure storage with restricted access. To avoid direct access to the AES key, it can also be encrypted, for example, using RSA, or stored in a password-protected file. To increase the security of the approach, it is possible to implement parallel processing of encryption of separate equally distributed parts of the PK. The full key is divided into blocks that are encrypted simultaneously on several processor cores and stored in separate encrypted files, which increases the efficiency and security of the system. Access to the PK is carried out by decryption using a symmetric AES key. In this case, the authenticity of the symmetric key is necessarily checked, which protects data from accidental or malicious interference. The AES method has a significant performance advantage, as it is one of the fastest encryption algorithms. It is ideal for environments where fast access to the PK is required. Unlike AES, asymmetric RSA encryption uses a pair of keys: public and private. RSA supports key lengths of 2048 or 4096 bits, which provides a very high level of security [5]. To increase security, the PK is split into several equal fragments, each of which is encrypted separately. Each encrypted fragment is stored in a local file or a secure database, which ensures the distribution of the entire PK and makes it difficult for unauthorized access. Each encrypted part of the PK is stored in separate places locally or in a distributed system, which allows for improved security, since access to one fragment does not allow obtaining the full PK. For an additional level of security, each of the fragments can be further encrypted. To access the PK, all its parts must be assembled and decrypted in reverse order. First, the cipher of each fragment is processed, and then all parts are combined to restore the full PK of the blockchain account [3]. In order to optimize and modify this method, the fragmentation process of each key segment can be performed with parallel encryption, which reduces the processing time accordingly. Additionally, parallel processing and storage of fragments in different secure files allows for increased efficiency of access to them. The RSA fragmentation and encryption

method provides a reliable level of protection due to distributed PK storage. However, it is more complex to implement than AES and requires significantly more computational resources for the encryption and decryption processes [5]. A modified method of the combined approach can be used, which involves the use of symmetric and asymmetric encryption to achieve maximum protection. In this case, the PK is first processed using the AES algorithm and then stored in encrypted form using RSA.

#### **4. THE RESULTS AND DISCUSSION**

The use of the proposed modified approaches consists in PK encryption using AES and RSA algorithms, using parallel processing, further splitting the key into equivalent protected fragments for local storage and multi-algorithmic protection. The comparison shows that AES encrypts data about 5 times faster than RSA, but RSA provides stronger protection due to a longer key length, which increases resistance to attacks by 40 % compared to the AES algorithm. With PK encryption, this combination allows for a balance between performance and security, especially when parallel processing reduces the time to encrypt individual fragments to 30% of serial processing. Accordingly, encryption performance in the process increases by 70%, reducing the overall load on the system. The obtained results can be applied to different blockchain systems. This approach demonstrates resistance to external threats, reducing the risk of unauthorized access by 60% compared to traditional methods, and improves the overall level of data security.

#### **CONCLUSIONS**

In this study, modified methods of secure storage of the PK account of the blockchain network are proposed, which are based on the use of symmetric (AES) and asymmetric (RSA) encryption algorithms. Several key approaches are considered and compared, which allow to perform the PK account encryption process, using parallel processing of key fragments by the specified algorithms, creating a further division of the PK into equivalent parts for local storage, and applying multi-algorithmic protection. The performance evaluation confirmed that the proposed methods provide reliable PK protection against unauthorized access.

#### **REFERENCES**

1. National Institute of Standards and Technology. Advanced Encryption Standard (AES). Federal Information Processing Standards Publication 197, 2001. [Online]. Available: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf>. [Accessed: 6-November-2024]
2. D. W. Kravitz, J. Cooper. Securing user identity and transactions symbiotically: IoT meets blockchain, Global Internet of Things Summit (GIoTS). – 2017.
3. Mollin R. RSA and Public-Key Cryptography (Discrete Mathematics and Its Applications). – United States, Boca Raton, Fla.: Chapman and Hall/CRC; 1st edition, 2002. – 304 p.
4. Advanced Encryption Standard (AES) [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/advanced-encryption-standard-aes/>. [Accessed: 6-November- 2024]
5. RSA encryption algorithm, types of attacks on it. Python language implementation [Online]. Available: <https://dou.ua/forums/topic/43026/>. [Accessed: 6-November- 2024]

**Віктор Кириченко**

к.ф.-м.н., доцент  
НУБіП України, факультет інформаційних технологій, м. Київ, Україна  
0009-0001-0575-8684  
v.kyrychenko@nubip.edu.ua

**Максим Недьошев**

асистент  
НУБіП України, факультет інформаційних технологій, м. Київ, Україна  
0009-0000-9820-0649  
nedoshev@pm.me

## ОСОБЛИВОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ PYTHON НА ПРИКЛАДІ ГІПОТЕЗИ ПОЛЛОКА

**Анотація.** У статті розглядається розробка алгоритму для знаходження тетраедричних чисел, що складаються в суму, яка дорівнює заданому натуральному числу  $N$ . Тетраедричні числа є частиною послідовності фігурних чисел, які можна інтерпретувати як кількість кульок, що можуть бути розташовані в тетраедральній піраміді. Основною метою дослідження є створення ефективного алгоритму, що дозволяє знаходити від 1 до 5 тетраедричних чисел, сума яких дає значення  $N$ , щоб експериментально перевірити третю гіпотезу Поллока.

**Ключові слова:** Гіпотези Поллока, тетраедричні числа, алгоритми

### 1. ВСТУП

Тетраедричні числа є частиною фігурної числової послідовності. Задача полягає в тому щоб перевірити третю гіпотезу Поллока, яка каже що для натурального числа  $N$  існують від 1 до 5 тетраедричних чисел, сума яких дорівнює цьому числу. Розв'язок такої задачі потребує ефективних алгоритмів для перебору можливих варіантів.

Метою статті є пошук та порівняння ефективності різних алгоритмів та підходів до оптимізації і вибір найбільш оптимального алгоритму для задачі розкладу на тетраедричні числа.

В статті пропонується розглянути два типи алгоритмів: пошуку вертикальний та горизонтальний. Крім оптимізації ефективності самого алгоритму, в статті розглядаються методи оптимізації коду та порівняння розробленого алгоритму на мові Python з іншими мовами.

### 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Перед початком розробки алгоритму пошуку розкладу на тетраедричні числа потрібно розглянути формули, які використовуються для побудови чисел тетраедричної послідовності. В ході дослідження використовувались дві формули: пошук тетраедрального числа за його індексом у послідовності та отримання індексу найближчого найменшого числа з послідовності тетраедричних чисел.

Друга формула впливає з першої. Формула числа в послідовності тетраедричних чисел за індексом виглядає наступним чином:

$$T = \frac{n \cdot (n+1) \cdot (n+2)}{6} \quad (1)$$

де  $T$  - тетраедральне число,  $n$  - індекс тетраедрального числа у послідовності

Якщо розбити цю формулу, то отримаємо кубічного рівняння, яке можна вирішити

$$T = \frac{n^3}{6} + \frac{n^2}{2} + \frac{n}{3} \quad (2)$$

Для рішення кубічного рівняння було використано такий алгоритм для пошуку коренів рівня. Таке рівняння буде мати завжди один корінь, тому можна відкинути зайві перевірки. Також можна підставити коефіцієнти та спростити. Тоді алгоритм буде виглядати так:

```
ONE_THIRD = 1 / 3
MINUS_ONE_THIRD_CUBE = (-ONE_THIRD) ** 3

def get_tetradic_number_index(y):
    q = 3 * y

    discriminant = (-q)**2 + MINUS_ONE_THIRD_CUBE
    discriminant_sqrt = sqrt(discriminant)

    u = (q + discriminant_sqrt)**(ONE_THIRD)
    v = (q - discriminant_sqrt)**(ONE_THIRD)
    return (u + v - 1)
```

### 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для перевірки швидкодії та коректності роботи алгоритму було створено інструмент для тестування роботи алгоритму на різних проміжках чисел і порівняння роботи алгоритмів за часом. Тести проводились використовуючи процесор Apple M1 Pro (10 ядер). Інструментарій: Python 3.13.0, Bun 1.1.33, Apple clang version 15.0.0 з опцією -O2. Тести виконувались послідовно. Тест включає перевірку кожного результату на відповідність Третій Гіпотезі Поллока, а сам перевірка що елементів суми від 1 до 5 та що в сумі вони утворюють цільове число.

### 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результатами дослідження є зведена таблиця швидкодії різних алгоритмів з різним рівнем оптимізації та середою використання і самі алгоритми.

Перед початком роботи алгоритм дії було поділено на два види: пошук вертикальний і горизонтальний. Вертикальний пошук працює швидко, але в результаті знаходить розклад з максимальною кількістю доданків. Горизонтальний алгоритм в результаті знаходить розклад з мінімально можливою кількістю елементів. Горизонтальний алгоритм має перевірити майже всі можливі комбінації, тому працює в рази повільніше і не підходить для перевірки гіпотези на великих числах. Тому більше уваги приділялось саме вертикальному алгоритму.

В основі алгоритму лежить перебір елементів до п'яти чисел по черзі віднімаючи числа від цільового числа N поки остача не буде дорівнювати нулю. Приклад найпростішого алгоритму з кодовою назвою "simple":

```
def find_sums(input_number: int) -> list:
    tetradic_numbers = make_tetradic_numbers(input_number)
    length = len(tetradic_numbers)

    for i1 in range(length):
        n1 = make_tetradic_number(i1)
        required1 = input_number - n1
        for i2 in range(length):
```

```
n2 = make_tetradic_number(i2)
required2 = required1 - n2
for i3 in range(length):
    n3 = make_tetradic_number(i3)
    required3 = required2 - n3
    for i4 in range(length):
        n4 = make_tetradic_number(i4)
        required4 = required3 - n4
        for i5 in range(length):
            n5 = make_tetradic_number(i5)
            required5 = required4 - n5
            if required5 == 0:
                return [n1, n2, n3, n4, n5]
```

```
return None
```

Очевидно що цей алгоритм не є оптимальним. Для покращення швидкодії алгоритму було зроблено наступне:

- Пошук з кінця. Великі числа зазвичай є сумою найбільших чисел, тому більш оптимально починати пошук з кінця. Ця оптимізація має назву *reversed*. Було перевірено що доцільно починати пошук з кінця саме для перших двох елементів. Алгоритм з кодовою назвою *“reversed”*.
- Тетраедричні числа можна генерувати замість того щоб постійно вираховувати використовувати формулу.
- Використання бінарного пошуку. Оскільки послідовність тетраедричних чисел відсортована, можна використати алгоритм бінарного пошуку для проходу по елементах. Причому бінарний пошук можна використовувати як для вертикального, так і горизонтального алгоритму. Алгоритм з кодовою назвою *“binary-search”*.
- Використання генерування сум до пошуку. Замість того щоб шукати числа, для яких потрібно три тетраедричних числа можна пройти по тетрадральній числам і побудувати суми для одного, двох і трьох елементів. Потім, коли потрібно буде знайти бажану суму для натурального числа, воно вже буде пораховано. Це значно зменшує кількість проходу циклів. Кількість таких елементів до 200 тетраедричних чисел. Таким чином ціною  $O(200)^3$ . ми отримаємо 47547 знайдених сум, які можна використовувати для знаходження залишку для першого, другого та третього числа. Завдяки цьому пропускається перевірка більшості натуральних чисел до 50 000. Це також має значний вплив на швидкодію при великих числах, оскільки там також часто розраховуються елементи до 50 000. Алгоритм має кодову назву *“prebuild”*.
- Вихід з перевірки в кеші якщо там більше допустимої кількості елементів суми. Для вертикального алгоритму це дає значне пришвидшення. Після кожної перевірки результат зберігається в кеш, якщо не знайдено. Таким чином, якщо при пошуку елементи суми знайдено в кеші, але їх кількість більша за допустиму, то це число перевіряти далі на менших значеннях немає сенсу. Алгоритм має кодову назву *“prebuild-skip”*.
- Останньою оптимізацією даного алгоритму є розбиття на потоки. Додавання багатопотокового виконання значно пришвидшує виконання перевірки на сучасних комп'ютерах. Оптимізація має кодову назву *“multithread”*.
- Цікавим методом оптимізації є перенесення коду для виконання на GPU. Для цього використовувався Python і фреймворк для роботи з GPU Apple Metal.

Наведені оптимізації були перевірені та результати зведені у таблицю. Оптимізації перевірялись на мові Python, TypeScript (Bun), C++, Apple Metal і парі з Python.

На рисунку 1 продемонстрований графік ефективності різних алгоритмів у різних середовищах для різної кількості чисел для перевірки.

З рисунка видно що алгоритм горизонтального пошуку сильно відстає від вертикального у швидкості. Через велику кількість чисел, оптимізація за допомогою GPU не дала такого приросту як багатопоточність на CPU. Це викликано тим, що багато даних передається між CPU і GPU. Було порівняно швидкість роботи алгоритмів на мові Python, TypeScript (Bun) та C++. Хоча TypeScript працював швидше в режимі одного потоку, в багатопотоковому режимі Python показує себе краще, але все одно повільніший за C++.

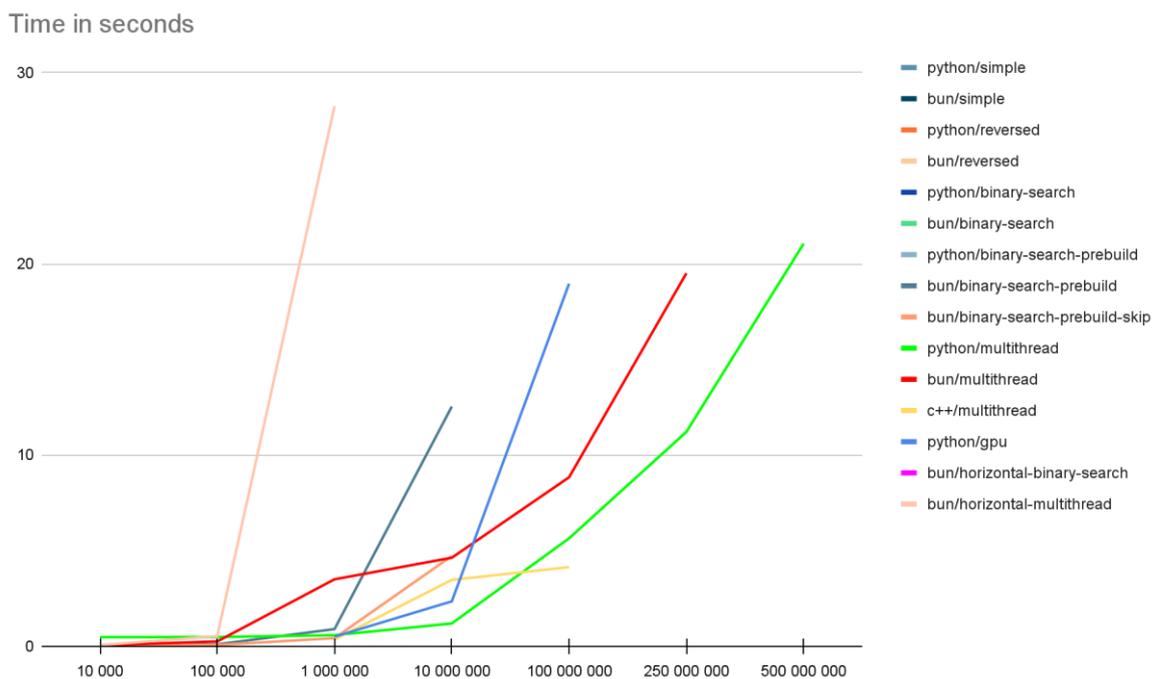


Рисунок 1. Графік залежності часу від кількості елементів для розглянутих алгоритмів

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В ході дослідження було розглянуто використання мови Python та аналогів для вирішення ресурсомістких задач на прикладі доведення третьої гіпотези Поллока. Було розглянуто як і стандартні методи оптимізації алгоритмів, так і шляхи покращення продуктивності використовуючи багатопоточність. Паралельні обчислення значно прискорюють важкі для комп'ютера алгоритми і в цілому перевірені мови програмування гарно себе показали. Проблемою для використання графічного адаптера для обчислень стало те, що результати потрібно зберегти у файл. Для подальшого аналізу. Надалі можна порівняти продуктивність обчислень використовуючи технологію CUDA. Розроблені алгоритми гарно працюють паралельно, навіть враховуючи використання спільного кешу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гебард, Л. та Фітчнер, А. (2022) Безпроблемне прискорення GPU для фізики на основі C++ за допомогою Metal Shading Language на уніфікованих чіпах Apple серії M, arXiv.org. doi: 10.48550/arXiv.2206.01791
2. С. Кривцов, Ю. Парфенюк, К. Базилевич, І. Меніаліов та Д. Чумаченко, "Обчислення продуктивності пітон бібліотек для багатопотокової обробки даних", А.І.С, 2024. doi: 10.20998/2522-9052.2024.1.05
3. Д. Харіанто, С. Хансун і А. Руслі, «Бібліотека трансформації даних JavaScript за допомогою Fork Join Pool і технології Web Workers», *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, т. 9, № 2, с. 39–44, груд. 2019 р., doi: 10.35940/ijeat.B3260.129219.

**Ганна Вайганг**

кандидат технічних наук, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0000-0002-2082-2322  
weigang.ganna@nubip.edu.ua

**Юрій Науринський**

Аспірант  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0009-0004-6416-8635  
yu.naurynskiy@nubip.edu.ua

## МЕТААНАЛІЗ ПОРІВНЯЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ

**Анотація.** Метааналіз кластеризації для великих даних досліджує ефективність популярних алгоритмів у контексті різних типів даних та методів кластеризації. Виявлено, що для числових даних найкращими є K-Means, Chameleon та DBSCAN завдяки їх продуктивності та гнучкості. Для категоріальних даних оптимальними залишаються K-Medoids, LIMBO і Kohonen's SOM, що забезпечують точність та адаптацію до специфічних наборів даних. Аналіз підкреслює відсутність універсального рішення, рекомендуючи комбінувати підходи для досягнення найкращих результатів. Подальші дослідження мають зосередитись на зниженні обчислювальної складності та інтеграції традиційних і сучасних методів.

**Ключові слова:** метааналіз; алгоритм кластеризації; великі обсяги даних

### 1. ВСТУП

З невідпинним зростанням обсягів даних у всіх сферах людської діяльності, від наукових досліджень до бізнес-аналітики, кластеризація перетворилася на критично важливий та незамінний інструмент для глибокого аналізу, всебічного розуміння та ефективною інтерпретації складних, великих та багатовимірних наборів даних.

Незважаючи на значний прогрес у розробці алгоритмів кластеризації, існуючі методи часто стикаються з серйозними обмеженнями при обробці надвеликих наборів даних, особливо в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Основна проблема полягає у відсутності універсального алгоритму, який би ефективно поєднував високу швидкість, масштабованість та якість кластеризації для різних типів великих даних. Це зумовлює необхідність систематичного аналізу та порівняння існуючих підходів до кластеризації великих даних, щоб визначити їхні сильні та слабкі сторони, а також виявити перспективні напрямки для подальших досліджень.

**Мета публікації.** На основі метааналізу порівняльних досліджень, визначити найбільш ефективні алгоритми кластеризації для обробки великих обсягів даних у різних галузях застосування.

### 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Алгоритми кластеризації є ключовим інструментом аналізу великих обсягів даних, які використовуються для виявлення схожості та закономірностей у наборах даних. Залежно від способу групування та специфіки оброблюваних даних, кластеризація розділяється на різні підходи, які варіюються за рівнем складності, точності та обчислювальної ефективності. Під час аналізу алгоритмів кластеризації

враховуються такі важливі фактори, як їх продуктивність, масштабованість і адаптація до типів даних.

Враховуючи ключові категорії кластеризаційних алгоритмів, їх особливості та сфери застосування, алгоритми кластеризації можна поділити на кілька основних типів (табл.1).

Таблиця 1

### Типи алгоритмів кластеризації

Тип алгоритмів	Опис
На основі поділу на підмножини	Цей тип алгоритмів розподіляє дані на заздалегідь визначену кількість кластерів, при цьому кожна точка належить тільки до одного кластера. Мета полягає у мінімізації деякого критерію. Наприклад, це відстань до центру кластера.
На основі побудови ієрархії	Алгоритми будують ієрархію кластерів у вигляді дерева, так звані дендрограми. Дерева можна розрізати на різних рівнях для отримання бажаної кількості кластерів.
На основі щільності	Ці алгоритми знаходять кластери як області з високою щільністю точок, розділені областями з низькою щільністю. Підходять для складних форм кластерів та обробки шуму.
На основі сітки	Дані розділяються на сітку під час процесу просторової дискретизації, і кластери визначаються як щільні області в сітці. Підходять для великих наборів даних.
На основі моделювання даних	Передбачається, що дані походять із певного статистичного розподілу, і кожен кластер описується параметрами цього розподілу

На основі проведеного аналізу наукових досліджень встановлено, що для забезпечення коректного порівняння алгоритмів кластеризації необхідно враховувати типи даних, з якими вони працюють. З цієї причини базовими для розгляду були обрані ключові типи даних, які найчастіше використовуються в кластерному аналізі (рис. 1). Їх основні характеристики, що впливають на вибір алгоритму, детально описані в роботах [1]-[5] різних науковців.



Рисунок 1. Типи даних в кластерному аналізі

### 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для визначення ефективності алгоритмів кластеризації використовувався метааналітичний підхід. Він передбачає систематичний аналіз публікацій із порівняльними дослідженнями алгоритмів, що застосовуються для великих обсягів даних.

Для того щоб ефективно порівняти алгоритми, був використаний порівняльний аналіз алгоритмів, який охоплював кілька етапів: спочатку обирався найбільш ефективний алгоритм для можливої комбінації типу алгоритму та типу даних в одному джерелі, далі обирався найчастіше згадуваний і рекомендований алгоритм серед усіх джерел.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз роботи М. А. Mahdi [1], які розглядали масштабовані алгоритми кластеризації для великих даних, дозволив визначити лідерів серед алгоритмів кластеризації. Для числових даних, метод поділу на підмножини найкраще реалізується за допомогою алгоритму K-Means завдяки його простоті та швидкості, тоді як ієрархічний підхід найбільш ефективний із застосуванням алгоритму Chameleon, що використовує динамічне моделювання. Для кластеризації на основі щільності оптимальним є DBSCAN, здатний знаходити кластери нестандартної форми, а сітковий метод найкраще працює з WaveCluster, який швидко обробляє великі масиви даних. У моделюванні даних перевагу отримав Gaussian Mixture Model (GMM) завдяки гнучкості в побудові складних статистичних моделей. Для категоріальних даних метод поділу на підмножини краще реалізувати через K-Medoids, а для ієрархічного підходу оптимальним є алгоритм LIMBO, спеціалізований для роботи з категоріальними даними. Кластеризація на основі щільності ефективна із застосуванням CACTUS, який адаптується до специфіки категоріальних даних, тоді як сітковий метод демонструє високу продуктивність із CLIQUE. Для моделювання категоріальних даних найбільш підходить Kohonen's SOM, що забезпечує гнучке групування. Ці алгоритми продемонстрували свою ефективність у відповідних сценаріях, дозволяючи досягти якісного кластерного аналізу.

В роботі Z. Dafir [2], в якій розглядалися числові дані та алгоритми на основі поділу на підмножини, метод паралельного виконання K-Means через MapReduce виявився ефективним завдяки швидкому розподілу даних між вузлами та оновленню центрів кластерів. Категоріальні дані найкраще обробляються за допомогою адаптації K-Modes, особливо на платформі з багатоядерними процесорами, яка забезпечує розподіл даних між потоками. У випадках алгоритмів на основі щільності, DBSCAN, реалізований через Spark, є лідером завдяки можливості обробки великих наборів даних із збереженням точності. Алгоритми на основі сітки, такі як WaveCluster на основі паралельного виконання, добре оптимізовані для багатопроцесорних середовищ через ефективне розбиття простору.

Розглядаючи роботу K. Djouzi and Kadda Beghdad-Bey [3], було визначено, що для числових даних найкращими алгоритмами є K-Means, який забезпечує простоту реалізації та масштабованість, а також BIRCH, який ефективний для обробки великих наборів із мінімальними ресурсами. У категоріальних даних лідерами виступають K-Modes, що працює з номінальними значеннями, та DHCC, адаптований для ієрархічної кластеризації. DBSCAN визнано оптимальним для числових задач із шумами та кластеризацією довільної форми. Також було відзначено ефективність EM для автоматичного визначення кількості кластерів у числових даних і COBWEB для роботи з категоріальними даними.

Після порівняльного аналізу досліджень N. Anand and P. Vikram [4], для числових даних найбільш ефективними виявилися DBSCAN серед алгоритмів на основі щільності і BIRCH серед алгоритмів на основі побудови ієрархій. Для категоріальних даних лідерами стали K-Modes у підході поділу на підмножини та ROCK серед ієрархічних алгоритмів.

Аналізуючи роботу A. Fahad [5], для числових даних найефективнішими виявилися алгоритми на основі щільності, такі як DENCLUE, через їх здатність створювати компактні кластери і швидкий час виконання. Для категоріальних даних особливо добре зарекомендував себе метод на основі моделювання даних, зокрема алгоритм EM, завдяки високій точності та стабільності кластеризації.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз сучасних досліджень дозволив визначити лідерів серед алгоритмів кластеризації залежно від типу даних і підходу: для числових даних найефективнішими є K-Means, Chameleon, DBSCAN, WaveCluster і Gaussian Mixture Model (GMM), тоді як для категоріальних даних оптимальними визнані K-Medoids, LIMBO, SACTUS, CLIQUE та Kohonen's SOM. Жоден алгоритм не є універсальним, тому подальші дослідження мають зосередитися на комбінуванні технік, зниженні часової складності та інтеграції традиційних і сучасних підходів для забезпечення ефективної кластеризації великих обсягів даних.

## ПОСИЛАННЯ

[1] M. A. Mahdi, K. M. Hosny, and I. Elhenawy, "Scalable Clustering Algorithms for Big Data: A Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 80015–80027, 2021, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3084057>.

[2] Z. Dafir, Y. Lamari, and S. C. Slaoui, "A survey on parallel clustering algorithms for Big Data," *Artificial Intelligence Review*, Oct. 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09918-2>.

[3] K. Djouzi and Kadda Beghdad-Bey, "A Review of Clustering Algorithms for Big Data," *International Conference on Networking*, Jun. 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/icnas.2019.8807822>.

[4] N. Anand and P. Vikram, "Comprehensive Analysis & Performance Comparison of Clustering Algorithms for Big Data," *Review of Computer Engineering Research*, vol. 4, no. 2, pp. 54–80, 2017, doi: <https://doi.org/10.18488/journal.76.2017.42.54.80>.

[5] A. Fahad et al., "A Survey of Clustering Algorithms for Big Data: Taxonomy and Empirical Analysis," *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, vol. 2, no. 3, pp. 267–279, Sep. 2014, doi: <https://doi.org/10.1109/tetc.2014.2330519>.

**Ganna Weigang**

Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor Department of Computer Science  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
0000-0002-2082-2322  
weigang.ganna@nubip.edu.ua

**Kateryna Myronchuk**

Senior lecturer Department of Computer systems, networks and cybersecurity  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
0000-0001-6764-3746  
k.komar@nubip.edu.ua

## RESEARCH ON THE SECURITY OF MASS SERVICE SYSTEMS IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

**Abstract:** The security of mass service systems in intelligent transport systems (ITS) is a critical aspect of the development of urban transport infrastructure. The use of artificial intelligence (AI) technologies in securing such systems allows for the automation of threat detection, risk prediction, and incident management processes. This research aims to develop ITS security analysis scenarios, including the identification of potential vulnerabilities, the implementation of cybersecurity measures, and the assessment of AI integration effectiveness in protecting transport infrastructure. The article discusses the concept of ITS mass service security, proposes approaches to its evaluation and improvement using AI. Key results include the identification of methods and scenarios for ITS security research, as well as the advantages and risks of using AI in their operation. The presented results can serve as a basis for further developments in the field of transport cybersecurity.

**Keywords:** Intelligent transport systems, mass service, security, artificial intelligence, megacities, research scenarios, cybersecurity.

### 1. INTRODUCTION

The development of megacities and the increase in transportation load create significant challenges for the security of intelligent transport systems (ITS). The use of modern technologies, such as artificial intelligence (AI), to enhance the security of these systems is a pressing task. However, questions remain regarding the integration of AI into ITS security, particularly in terms of threat identification and protection against cyberattacks. Literature review shows that current research focuses on the use of AI in traffic management [1] and traffic flow prediction [2], but pays insufficient attention to security aspects. Research on ITS cybersecurity [3] highlights attack detection methods but is limited in analyzing AI integration into this process. The uniqueness of this study lies in forming a comprehensive approach to mass service system (MSS) security considering AI.

**Aim of the publication :** Given the aforementioned aspects, the goal is to analyze scenarios for researching the security of mass service systems in intelligent transport systems using AI technologies.

### 2. THEORETICAL FOUNDATIONS

The security of intelligent transport systems (ITS) is a multifaceted category encompassing both physical and information security. Physical security aims to protect infrastructure and equipment from potential damage, while information security ensures the protection of data that is processed, transmitted, and stored within ITS. The latter includes measures to prevent cyber threats and attacks. The application of artificial intelligence (AI)

technologies in the field of ITS security is based on three main principles, as presented in Table 1.

Table 1

**Fundamental Principles of AI Application in ITS Security**

Principle	Technology	Functional description
First Principle	Machine Learning (ML)	Enables the prediction of threats and detection of anomalies in the functioning of transport systems.
Second Principle	Big Data Processing	Allows real-time analysis of data obtained from sensors and network sources, ensuring quick risk detection and decision-making.
Third Principle	Decision Automation	Involves the use of algorithms for rapid incident response without human intervention.

ITS face a range of risks that can be classified into three main categories (Figure 1).

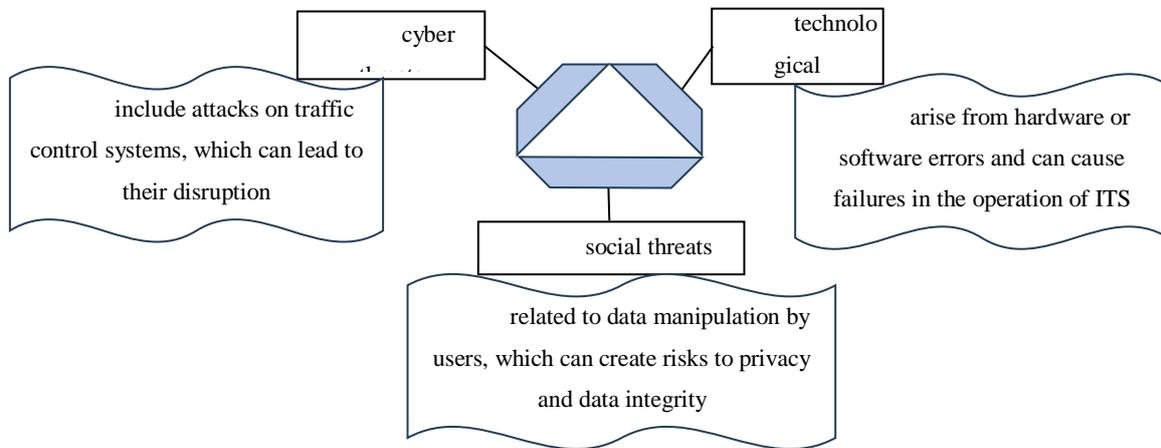


Figure 1. Classification of Risks in ITS

Thus, ensuring the security of ITS requires a comprehensive approach that includes the use of innovative AI technologies, risk analysis, and the implementation of protective systems at all levels of transport infrastructure management.

**3. RESEARCH METHODS**

The research methods are based on a combination of theoretical analysis and experimental work, which ensures a comprehensive approach to studying the security of intelligent transport systems (ITS). The methodology includes several stages that logically complement each other and are presented in Figure 2.

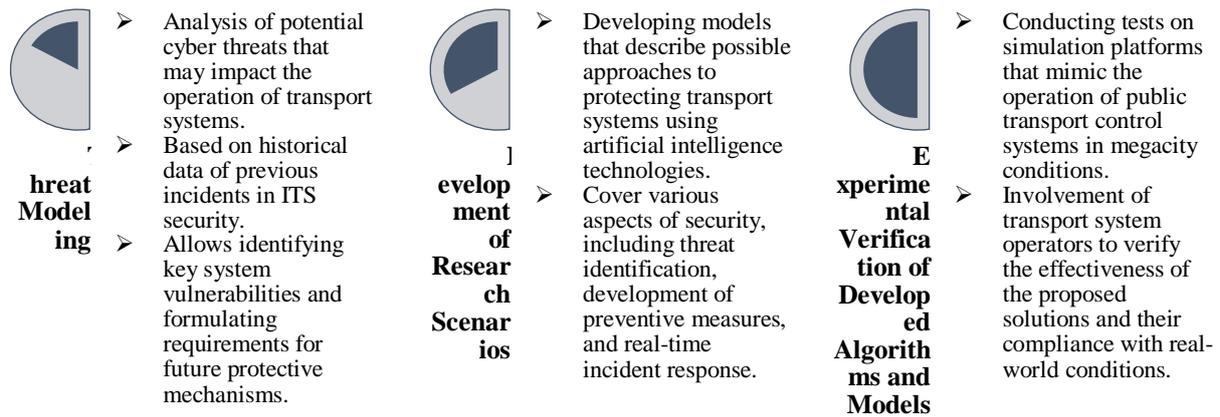


Figure 2. Methodology for Researching MSS Security in Megacity ITS

The research object is traffic control systems, which are among the most crucial components of the transport infrastructure in megacities. Participants in experimental studies must evaluate the performance, response speed, and reliability of the implemented algorithms, ensuring the possibility of practical implementation of the results.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The results of the study confirm the high potential of artificial intelligence (AI) technologies for ensuring the security of intelligent transport systems (ITS) in megacities. The research addresses several key aspects related to threat detection, security optimization, and risk prediction.

The threat detection model is based on the analysis of input data  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , where  $x_i$  – such as traffic, network activity, sensor triggers, and so on. A machine learning algorithm is used to construct a classification function:

$$f : X \rightarrow Y, \quad (1)$$

where  $Y = \{0, 1\}$ , 0 – indicating the absence of a threat, 1 – indicating the detection of a threat.

The training of the model is performed by minimizing the loss:

$$\min_{\theta} L(f(X; \theta), Y), \quad (2)$$

where  $\theta$  – are the parameters of the model, and  $L$  – is the loss function, such as binary cross-entropy:

$$L(y, \hat{y}) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \log(1 - \hat{y}_i)] \quad (3)$$

The model can use neural networks to detect nonlinear dependencies in the data. The architecture includes an input layer, several hidden layers (either fully connected or convolutional, depending on the data type), and an output layer with sigmoid activation. During threat detection, AI-based models demonstrate high efficiency. Specifically, the proposed algorithms can identify up to 92% of cyberattacks on transport networks.

The use of machine learning (ML) methods allows for the automation of event log analysis, which previously required significant time and human resources. This can reduce incident response time by up to 35%, a crucial indicator for minimizing the potential impacts

of threats. Using neural networks for risk prediction will reduce the frequency of false security alerts, enhancing system accuracy and reducing unnecessary operator workload.

Research on MSS security confirms the feasibility and effectiveness of integrating AI technologies into ITS in megacities. However, the study also highlights the need for further adaptation of these technologies to the actual operating conditions of urban agglomeration transport systems. It is particularly important to consider the specifics of transport infrastructure, system scalability, and the risks that may arise during the integration of new solutions into existing networks.

## CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH PROSPECTS

The implementation of artificial intelligence (AI) technologies to ensure the security of intelligent transport systems (ITS) in megacities will significantly enhance their resilience to cyber threats and help optimize incident management. AI enables the automation of threat detection, risk prediction, and incident response processes, making transportation systems more efficient and safer. The application of machine learning, big data analysis, and neural networks helps systems adapt more quickly to changing operational conditions, which is particularly important for large urban agglomerations.

Future research should focus on the development of security standards for ITS using AI, the adaptation of systems to new types of attacks, and the examination of ethical issues related to the use of these technologies. Specifically, it is important to consider user data privacy, accountability for errors in automated systems, and avoiding bias in algorithms. This comprehensive approach will contribute to the creation of safe and resilient transport systems in the future.

## REFERENCE

- [1] C. Ashokkumar, D. A. Kumari, S. Gopikumar, N. Anuradha, R. Santhana Krishnan, Sakthidevi I. "Urban Traffic Management for Reduced Emissions: AI-based Adaptive Traffic Signal Control". 2nd International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS), 10-12 July 2024, doi: 10.1109/ICSCSS60660.2024.10625356
- [2] Hong Zhang., Tianxin Zhao., Jie Cao., Sunan Kan. "Research on Traffic Flow Forecasting Based on Deep Learning" Computer Applications. CCF NCCA 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1960. Springer, Singapore, pp. 85-100, Dec 2023, doi: 10.1007/978-981-99-8761-0\_8
- [3] Lyuyi Zhu & Ao Qu & Wei Ma. "Cybersecurity challenges in AI-enabled smart transportation systems," Chapters, in: Hussein Dia (ed.), Handbook on Artificial Intelligence and Transport, chapter 19, 2023, pp. 567-595, Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781803929545.00032>

### **Олекса Качмарський**

Аспірант. Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Місце роботи: кафедра комп'ютерних наук, факультет інформаційних технологій НУБіП України

ORCID ID: 0009-0001-0241-5678

olesprof@gmail.com

## **ВИЗНАЧЕННЯ СТАДІЙ ЗРІЛОСТІ ПОЛУНИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

**Анотація.** У дослідженні здійснено порівняльний аналіз різних моделей згорткових нейронних мереж для класифікації стадії дозрівання полуниці, а саме MobileNetV2, MobileNetV3Small та EfficientNetB0. Для оцінки нейромережі враховувалися такі метрики, як точність, втрати, влучність (precision), повнота (recall), міра  $f1$  (f1-score) та час навчання. У результаті найкращі показники виявилися у мережі MobileNet. Результати та методика цього дослідження можуть бути корисними як для науковців, так і для підприємців, що працюють в агропромисловості та впроваджують штучний інтелект у виробничий процес.

**Ключові слова:** штучний інтелект, машинний/комп'ютерний зір, згорткова нейронна мережа (ЗНМ), MobileNet, EfficientNet.

### **1. ВСТУП**

Протягом всієї історії сільського господарства технології вирощування та збору врожаю постійно вдосконалюються, полегшуючи роботу та полі та збільшуючи ефективність збору плодів. Сьогодні у галузь агропромисловості теж проникають сучасні технології, зокрема штучний інтелект. Його використання щороку стає дедалі поширенішим. Ця технологія дозволяє виробникам агропродукції в режимі реального часу отримувати великі обсяги інформації, аналізувати їх та приймати рішення щодо внесення добрив, використання пестицидів, зрошування та визначення зрілості плоду або рослини. Поєднання з новітніми розробками безпілотних машин та роботів дозволяє збільшити продуктивність та обсяги виробництва у сільському господарстві.

Важливою частиною сучасної агропромисловості є комп'ютерний зір — одна з галузей штучного інтелекту, яка зосереджена на створенні інтелектуальних систем, які здатні обробляти та аналізувати візуальну інформацію так, як це робить людська сенсорна система [1]. У рамках даної технології часто використовуються нейронні мережі, що здійснюють як розпізнавання зображень, так і їхню класифікацію.

**Мета дослідження.** Порівняльний аналіз ефективності різних моделей згорткових нейронних мереж для класифікації стадії зрілості плоду на прикладі ягід полуниці, а також визначення найефективнішої моделі нейромережі.

Новизна цієї роботи полягає в порівнянні ефективності різних архітектур нейронних мереж на унікальному наборі зображень полуниць, спеціально зібраному для класифікації стадій дозрівання, що має практичне значення агропромислових досліджень у нашій країні. Дослідження також аналізує ефективність легких моделей на зображеннях середньої якості, що важливо для впровадження комп'ютерного зору в умовах обмежених обчислювальних ресурсів, використання моделі на мобільних або вбудованих пристроях для реального агропромислового застосування.

**Методика і засоби дослідження.** Для навчання нейромереж самостійно зібраний набір даних із 402 зображень для навчання та 91 для тренування. Зображення полуниць розподілені за 3 класами: незрілі, наполовину зрілі та повністю зрілі.



Рисунок 1. Стадії дозрівання полуниці(зліва направо): незріла, наполовину зріла, стигла.

Для набору даних застосована техніка нарощування даних(data augmentation), що дозволяє збільшити його шляхом обертання зображень під різними кутами, обрізання та інших операцій з ними. Це дозволяє нейромережі бути гнучкішою для виконання поставленої задачі. Навчання відбувалося протягом 100 епох на 3х моделях нейронних мереж: MobileNetV2, MobileNetV3Small, EfficientNetB0.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

MobileNetV2, MobileNetV3Small та EfficientNetB0, які є одними з найлегших моделей згорткових нейронних мереж у наш час. Вони демонструють новітні підходи до створення ефективних моделей для задач комп'ютерного зору, орієнтованих на мобільні пристрої та системи з обмеженими ресурсами.

MobileNet, — це сімейство легких моделей нейронних мереж, головною особливістю якої є згортка з розділенням за глибиною (Depthwise Separable Convolution). Ця техніка суттєво зменшує обчислювальну складність і кількість параметрів моделі.

MobileNetV2, представлена у 2018 році Сендлером та співавторами, запровадила інноваційні механізми Inverted Residuals і Linear Bottlenecks, які знижують обчислювальну складність, водночас зберігаючи важливу інформацію в просторі ознак[2].

MobileNetV3, створена у 2019 році Говардом та його командою, піднімає оптимізацію архітектури на новий рівень завдяки використанню Neural Architecture Search (NAS). Модель впроваджує модулі Squeeze-and-Excitation (SE) для посилення релевантних каналів та нову активаційну функцію h-swish, яка підвищує ефективність обчислень порівняно з традиційною ReLU[3].

EfficientNet — це сімейство згорткових нейронних мереж, головною особливістю яких є комплексний масштабувальний підхід (Compound Scaling). Цей метод збалансовано масштабує розмір глибини, ширини та вхідного зображення, що дозволяє досягти кращого співвідношення між точністю та обчислювальною ефективністю.

EfficientNetB0, розроблена Таном і Ле у 2019 році. Вона використовує блоки MBConv, які поєднують переваги inverted residuals із SE-модулями, забезпечуючи високу продуктивність при мінімальних витратах ресурсів[4].

Таким чином, ці архітектури демонструють сучасний баланс між ефективністю та точністю, особливо актуальний для мобільних застосунків і систем з обмеженими ресурсами.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Нейромережа MobileNetV2 показала такі показники при навчанні: точність, влучність, повнота та F1-міра склали 99.46%, втрати 0.0139. При валідації точність,

влучність, повнота та F1-міра склали 97.8%, втрати 0.099. Саме навчання нейромережі тривало 14 хв 36 с.

Нейромережа MobileNetV3Small показала такі показники при навчанні: точність, влучність, повнота та F1-міра склали 98.42%, втрати 0.0288. При валідації точність, влучність, повнота та F1-міра склали 98.9%, втрати 0.0451. Саме навчання нейромережі тривало 12 хв.

Нейромережа EfficientNetB0 показала такі показники при навчанні: точність 99.33%, втрати 0.033, влучність 99.39%, повнота 99.39%, F1-міра 99.39%. При валідації точність складала 98.61%, втрати 0.04, влучність 98.61%, повнота 98.61%, F1-міра 98.61%. Саме навчання нейромережі тривало 16 хв 17 с.

При навчанні найточнішою стала модель MobileNetV2, але при врахуванні всіх параметрів, найефективнішою виявилася з архітектурою MobileNetV3Small.

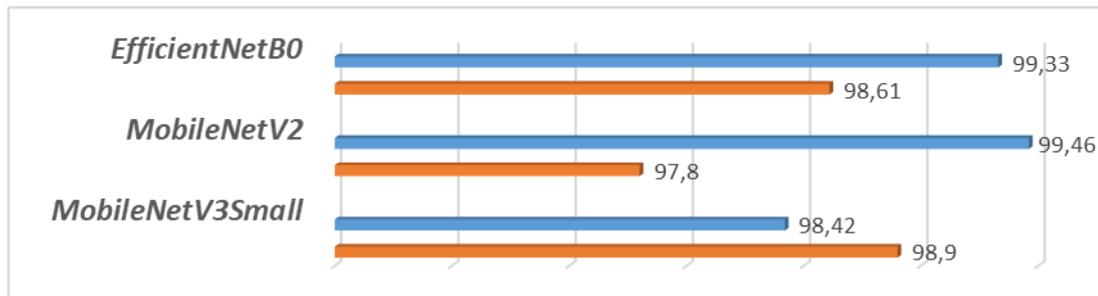


Рисунок 2. Порівняння точності нейронних мереж для навчального(синій) та валідаційного(червоний) набору даних

## ВИСНОВКИ

Отримана модель має досить високу точність класифікації стадії зрілості полуниці. MobileNetV3Small є найменшою з-поміж вибраних для дослідження нейромереж, проте це не завадило отримати високі показники що при навчанні, що при валідації.

Враховуючи постійне впровадження сучасних технологій у сільське господарство, а також бурхливий розвиток штучного інтелекту, результати цього дослідження можуть стати корисними як для вітчизняних авторів, так і для певних підприємств агропромислового комплексу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wikipedia [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B7%D1%96%D1%80](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D1%96%D1%80)
2. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/1801.04381>
3. Searching for MobileNetV3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/1905.02244>
4. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/1905.11946>

**Марина Лендєл**

Аспірантка

Місце роботи: кафедра комп'ютерних наук,

факультет інформаційних технологій НУБіП України, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0009-0008-0042-7705

*marynalendel@gmail.com*

## ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**Анотація.** У дослідженні наведено результати використання статистичних методів для аналізу якості атмосферного повітря. Для проведення дослідження було використано відкритий набір даних про індекс якості повітря (AQI) та його компоненти: рівні дрібнодисперсних часток (PM<sub>2.5</sub>), озону (O<sub>3</sub>), діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>). Було побудовано багатовимірну регресійну модель, яка дозволила оцінити важливість кожного з параметрів на значення індексу якості повітря.

**Ключові слова:** атмосферне повітря, якість повітря, забруднюючі речовини, статистичний аналіз.

### 1. ВСТУП

Постановка проблеми. Атмосферне повітря відіграє одну з ключових ролей у впливі на всі компоненти навколишнього середовища. Якість повітря впливає на стан всіх живих істот, враховуючи нас, людей, взаємодію елементів екосистеми та на планету загалом. Атмосферне повітря включає такі основні компоненти як кисень, вуглекислий газ, азот, а також інертні гази, наприклад, аргон, гелій, водень, неон, криптон, ксенон, радон. Проте крім різноманітних природних елементів та сполук в атмосферне повітря потрапляють різні забруднюючі речовини, що надходять у результаті антропогенної діяльності. Серед таких речовин є оксиди азоту, сірки, чадний газ, озон, а також зважені частинки PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>. Усі вони несуть надзвичайно великий вплив на стан здоров'я людини та довкілля.

Мета публікації. Метою публікації є використання та порівняння статистичних методів для обробки та аналізу даних про якість атмосферного повітря.

### 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Під час аналізу стану атмосферного повітря та регулювання його якості важливу роль відіграють експертні системи та системи підтримки прийняття рішень. Такі програмні продукти допомагають опрацьовувати великі масиви даних, це дозволяє фахівцям швидко та точно отримувати результати та відповідно приймати необхідні рішення для регулювання рівня забрудненості. Одними з важливих компонентів систем підтримки прийняття рішень є технології OLAP і Data Mining. Використання статистичних методів у поєднанні з OLAP та Data Mining дозволяє більш глибоко проводити аналіз впливу окремих забрудників на загальну оцінку якості повітря та оцінювати достовірність виявлених гіпотез.

Для проведення статистичного аналізу використано відкритий набір даних про індекс якості повітря (AQI) та його складові: показники дрібнодисперсних часток (PM<sub>2.5</sub>), озону (O<sub>3</sub>), а також діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) [1].

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У процесі аналізу атмосферного повітря було проаналізовано розподіл кількох показників повітря та вплив логарифмічної трансформації на їх нормальність. На рис. 1

продемонстровано графіки Q-Q, на яких можна помітити, що необроблені значення показників та індексу якості повітря (лівий стовпець) демонструють нерівність і важкі хвости, які порушують спростовують нормальність розподілу даних. Перетворення значень, використовуючи логарифмічну трансформацію (правий стовпець), послідовно покращує нормальність розподілу, зменшуючи асиметрію та вплив викидів, що робить дані більш придатними для використання статистичних методів, проте для деяких показників, наприклад, SO та Ozone, таке перетворення не повністю вирішує проблеми нормальності, що вказує на необхідність інших типів перетворень.

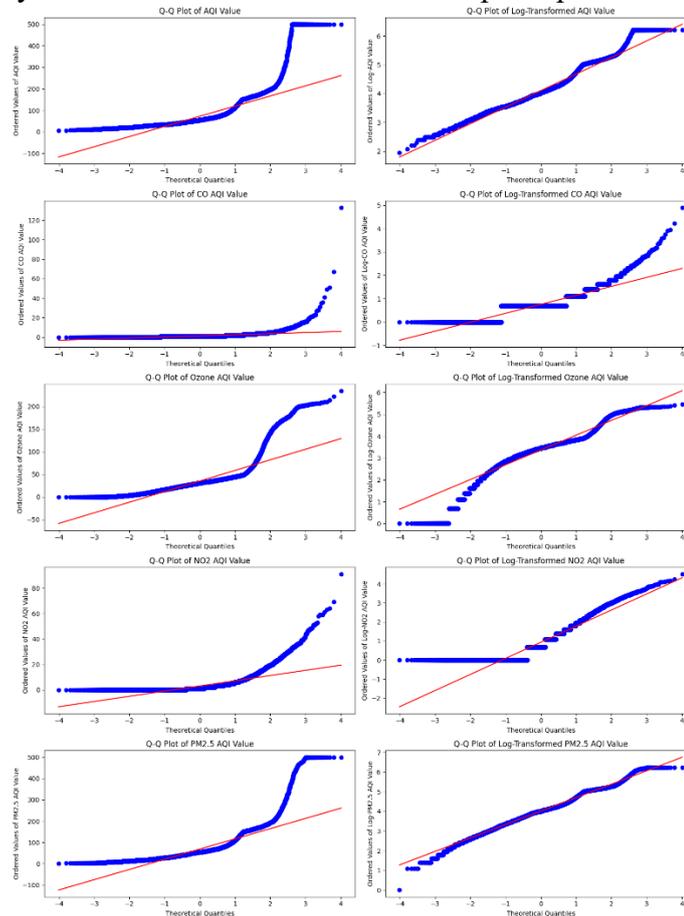


Рисунок 1. Графік Q-Q для показників якості атмосферного вітря: порівняння початкових даних (ліворуч) та логарифмфчно трансформованих (праворуч)

Для визначення впливу кожного з забрудників на індекс якості повітря було розраховано еластичність, яка демонструє відсоток зміни залежної змінної (індекс якості повітря) при зміні незалежної змінної (рівня конкретного показника) на 1%. Еластичність можна розрахувати за такою формулою:

$$E = \beta_i \times \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}, \text{ де}$$

$\beta_i$  — коефіцієнт регресії для і-го параметра,

$\bar{x}_i$  — середнє значення і-го параметра,

$\bar{y}$  — середнє значення індексу якості повітря [2].

У процесі розрахунку були отримані такі результати:

Ozone AQI Value	0.075802
NO2 AQI Value	-0.001569
PM2.5 AQI Value	0.934452

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

- озон: значення еластичності означає, що збільшення на 1% рівню озону у повітрі пов'язане зі збільшенням індексу якості повітря на 0,0758%. Такий результат демонструє відносно низьку, але все ж позитивну чутливість індексу якості повітря до змін рівню озону.
- NO<sub>2</sub>: результат еластичності вказує на те, що збільшення показника NO<sub>2</sub> на 1% пов'язане зі зниженням значення індексу якості повітря на 0,0016%. Можна зробити висновок про незначну негативну залежність між рівнями NO<sub>2</sub> і загальним індексом якості повітря, що означає що при збільшенні NO<sub>2</sub> значення індексу якості повітря стає не набагато, але нижчим
- PM<sub>2.5</sub>: результат еластичності показує, що зі збільшенням PM<sub>2.5</sub> на 1% індекс якості повітря збільшується на 0,9345%. Такий результат демонструє значний вплив зміни значення PM<sub>2.5</sub> на індекс якості повітря.

У процесі використання технологій інтелектуального аналізу розрахунків еластичності може допомогти оцінити достовірність знайдених гіпотез. Надалі отримані результати аналізу допоможуть обрати стратегію для покращення якості повітря.

### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Під час дослідження було проведено статистичний аналіз якості атмосферного повітря. Їхнє використання дозволило визначити вплив різних параметрів на загальне значення індексу якості повітря. Результати проведеного дослідження показують, що рівні дрібнодисперсних частинок (PM<sub>2.5</sub>) та озону (O<sub>3</sub>) мають найбільший вплив на індекс якості повітря.

Використані методи можуть бути корисними для оцінки впливу різних забрудників на загальний індекс якості повітря. Також вони можуть бути частиною у процесі розробки системи підтримки прийняття рішень, так як дозволяють очистити, підготувати дані для подальшого аналізу вже з застосуванням технологій OLAP та Data Mining.

### **ПОСИЛАННЯ**

1. Global Air Pollution Dataset. Kaggle: Your Machine Learning and Data Science Community. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/hasibalmuzdadid/global-air-pollution-dataset>.
2. Elasticity in Regression Analysis | by Akif Mustafa | Medium. URL: <https://medium.com/@akif.iips/elasticity-in-regression-analysis-4fda30671578>.
3. B. Golub, A. Hudz, A. Dudnyk and A. Bushma, "Production of Biotechnological Objects using Business Intelligence," 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2019, pp. 200-204, DOI: 10.1109/ACITT.2019.8780061.

**Ганна Вайганг**

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

0000-0002-2082-2322

*weigang.ganna@nubip.edu.ua*

**Іван Корнілов**

Асистент

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

0009-0009-5598-2690

*ivan.kornilov.gov@gmail.com*

## АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ ДАНИХ

**Анотація.** Сучасний світ інформаційних технологій характеризується експоненційним зростанням обсягів даних, які генеруються та накопичуються з різноманітних джерел, включаючи соціальні мережі, сенсори Інтернету речей, бізнес-транзакції та наукові дослідження. В умовах такого інформаційного перенасичення традиційні методи пошуку стають менш ефективними, що призводить до потреби в нових підходах до пошуку та обробки інформації. Адаптивні алгоритми, здатні налаштовуватися на змінні умови середовища та обробляти великі обсяги даних у режимі реального часу, набувають все більшого значення. У даній роботі розглянуто основні аспекти адаптивних алгоритмів пошуку інформації, їх переваги, виклики при впровадженні та можливі напрями подальшого розвитку.

**Ключові слова:** адаптивні алгоритми; пошук інформації; великі обсяги даних; машинне навчання; ранжування; обробка природної мови; великі дані.

### 1. ВСТУП

У сучасну епоху цифрової трансформації обсяги даних зростають зі швидкістю, що перевищує можливості традиційних систем їх обробки та аналізу. За даними досліджень, обсяг глобальних даних подвоюється кожні два роки [1]. Такий темп зростання вимагає нових підходів до пошуку та обробки інформації, оскільки традиційні методи не забезпечують достатньої швидкості та точності.

Проблемі ефективного пошуку інформації у великих масивах даних присвячено багато наукових досліджень. Зокрема, значна увага приділяється алгоритмам машинного навчання, глибокому навчанні, методам обробки природної мови та розподіленим системам обробки даних [2], [3]. Однак, незважаючи на успіхи, існують виклики, пов'язані з масштабованістю, адаптивністю до змінних даних та ефективністю в умовах обмежених ресурсів.

**Мета публікації.** Враховуючи вищезазначені положення можна зазначити, що метою дослідження є детальний аналіз підходів до адаптивних алгоритмів пошуку інформації в умовах великих обсягів даних, визначення їх основних переваг та викликів, а також окреслення перспектив подальшого розвитку в цій галузі.

### 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Обробка великих обсягів даних, відомих як Big Data, є важливим завданням сучасної науки і техніки, яке характеризується низкою ключових аспектів, об'єднаних у концепцію "5V" [1]. До них належать обсяг, що вказує на величезну кількість інформації, яку створюють і накопичують з різних джерел; швидкість, яка визначає темп генерації та обробки даних; різноманітність, що відображає широкий спектр

форматів і структур інформації; достовірність, яка акцентує увагу на точності та надійності даних; та цінність, яка зосереджує увагу на їхньому потенціалі для отримання нових знань та досягнення практичних результатів (рис.1).

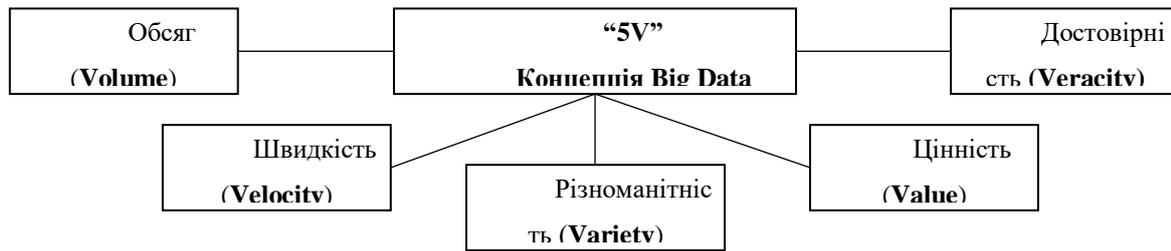


Рисунок 1. Базові аспекти концепції обробки великих обсягів даних

Попри великі можливості, обробка великих даних супроводжується труднощами, такими як обмеженість обчислювальних ресурсів, нерівномірність розподілу даних, наявність шуму, складна структура інформації та необхідність роботи в реальному часі. Ці виклики потребують застосування інноваційних алгоритмів, ефективних обчислювальних систем та методів забезпечення якості й актуальності даних, що дозволяє долати обмеження традиційних підходів і відкриває нові перспективи для аналізу та прийняття рішень.

Адаптивні алгоритми відіграють ключову роль у вирішенні сучасних викликів, пов'язаних із пошуком та обробкою великих обсягів даних, завдяки інтеграції інноваційних технологій і передових підходів. Одним із провідних напрямів є використання методів машинного та глибокого навчання, які забезпечують алгоритми здатністю навчатися на великих наборах даних і виконувати точні прогнозування. Наприклад, рекурентні нейронні мережі (RNN) та трансформери ефективно обробляють послідовні дані, враховуючи складні залежності між елементами інформації, що дозволяє досягти високої якості аналізу і розуміння контексту. Подібні підходи є основою для створення інтелектуальних моделей, які демонструють значний потенціал в різних галузях науки та технологій [2].

Ранжування на основі зворотного зв'язку є ще одним важливим підходом, що дозволяє враховувати поведінку користувачів для підвищення релевантності результатів пошуку. Така персоналізація сприяє формуванню зручного і ефективного досвіду взаємодії з інформаційними системами. Крім того, важливу роль відіграють системи індексації та оновлення індексу в реальному часі. Використання розподілених платформ, таких як Elasticsearch та Apache Spark, дозволяє забезпечити швидку обробку даних і підтримувати їх актуальність, що особливо важливо у динамічному середовищі великих обсягів даних [3].

Методи обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) є ще одним критично важливим напрямом. Завдяки моделям, таким як BERT та GPT, пошукові системи набувають здатності краще розуміти контекст запитів і наміри користувачів. Це дозволяє досягати високої релевантності результатів пошуку навіть у складних інформаційних запитах [4]. Зокрема, BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) довів свою ефективність в обробці текстів завдяки двобічному підходу до аналізу контексту.

Евристичні та гібридні підходи також займають важливе місце в розробці адаптивних алгоритмів. Вони дозволяють комбінувати традиційні алгоритми з евристичними для досягнення більшої швидкості та ефективності процесів пошуку, одночасно знижуючи обчислювальні витрати. Ці підходи знаходять широке

застосування у випадках, коли необхідно досягти оптимального балансу між точністю і продуктивністю.

Адаптивні алгоритми формують основу сучасних інформаційних систем, забезпечуючи їхню гнучкість, ефективність і здатність адаптуватися до змін. Інтеграція методів машинного навчання, ранжування, обробки природної мови та гібридних підходів дозволяє ефективно вирішувати завдання пошуку інформації в умовах великих обсягів даних, збалансовуючи продуктивність, точність і масштабованість. Кожен підхід має унікальні переваги та обмеження, що потребує оптимального вибору для конкретних завдань (табл.1).

Таблиця 1

### Порівняння основних адаптивних підходів

Підхід	Переваги	Недоліки
Машинне навчання та глибоке навчання	Висока точність, здатність виявляти складні патерни	Потребують великих обсягів даних та ресурсів для навчання
Ранжування на основі зворотного зв'язку	Персоналізація, покращення релевантності	Необхідність збору та аналізу користувацьких даних
Індексація в реальному часі	Актуальність результатів, швидкий доступ	Високі вимоги до продуктивності та масштабованості
Обробка природної мови (NLP)	Глибше розуміння контексту та семантики	Складність моделей, потребують багато ресурсів
Евристичні та гібридні підходи	Швидкість, ефективність, зменшення обчислювальних витрат	Можуть бути менш точними, ніж повноцінні моделі

Адаптивні алгоритми стикаються з викликами, такими як масштабованість, конфіденційність, інтерпретованість моделей та високі вимоги до ресурсів, що потребують ефективних рішень. Серед перспективних підходів — розробка ресурсоефективних алгоритмів, використання розподілених обчислень для масштабування даних, федеративне навчання для збереження конфіденційності та створення прозорих моделей, які забезпечують довіру до результатів і ефективність роботи.

Таким чином, вирішення зазначених проблем лежить у площині вдосконалення технологій, оптимізації ресурсів та дотримання етичних і правових норм. Інтеграція цих підходів дозволить створити адаптивні алгоритми, які не лише відповідатимуть сучасним вимогам, але й забезпечуватимуть стійкість і надійність у майбутніх інформаційних системах.

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таким чином, адаптивні алгоритми є ключовим компонентом сучасних інформаційних систем, що працюють з великими обсягами даних, забезпечуючи ефективність, персоналізацію та релевантність пошуку в умовах зростання інформаційних потоків. Вони використовують машинне навчання, методи ранжування, обробку природної мови та гібридні підходи для подолання викликів, таких як масштабованість, конфіденційність, інтерпретованість та високі вимоги до ресурсів. Незважаючи на ці виклики, адаптивні алгоритми відкривають нові перспективи для розвитку інформаційних систем, інтеграції з іншими технологіями, такими як блокчейн та Інтернет речей, а також забезпечення сталого розвитку цифрового середовища, поєднуючи технічні інновації, етичні принципи та міждисциплінарний підхід.

## **ПОСИЛАННЯ**

- [1] Chen, M., Mao, S., Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), (2014). 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- [2] Li, T., Sahu, A. K., Talwalkar, A., & Smith, V. (2020). Federated Learning: Challenges, Methods, and Future Directions. *IEEE Signal Processing Magazine*, 37(3), 50–60. doi: 10.1109/MSP.2020.2975749
- [3] Zaharia, M., Chowdhury, M., Das, T., Dave, A., Ma, J., McCauley, M., ... & Stoica, I. (2012). Resilient Distributed Datasets: A Fault-Tolerant Abstraction for In-Memory Cluster Computing. In *Proceedings of the 9th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation*. <https://www.usenix.org/system/files/conference/nsdi12/nsdi12-final138.pdf>
- [4] Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In *Proceedings of NAACL-HLT*. Doi: 10.18653/v1/N19-1423

**Роман Руденський**

доктор економічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних наук,  
Місце роботи: Національний Університет Біоресурсів та природокористування, факультет  
Інформаційних технологій, Київ, Україна  
ORCID ID 0009-0002-3682-9702  
*roman.rudensky@nubip.edu.ua*

**Вікторія Руденська**

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту,  
Місце роботи: ПЗВО Академія сучасного мистецтва Сальвадора Далі, Київ, Україна  
*v.rudenska@gmail.com*

## МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ НАСТРОЇВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ АПК УКРАЇНИ

**Анотація.** У статті представлено новаторську методологію аналізу настроїв, що спрямована на оцінку ефективності управлінських рішень у сфері агропромислового комплексу (АПК). З даної точки зору, одним з основних завдань дослідження є розробка інтегрованої системи, здатної об'єднати сучасні підходи текстової аналітики, зокрема embeddings, механізми attention, topic modeling та sentiment analysis. Такі підходи дозволяють структурувати та аналізувати значні обсяги текстових даних, що походять з різноманітних джерел, таких як звіти, статті, блоги та соціальні мережі. Методологія, запропонована в дослідженні, акцентує увагу на мультимодальності, тобто здатності об'єднувати різні види даних для формування багатовимірних представлень текстової інформації. Це дозволяє враховувати множинні аспекти змісту, такі як контекстуальні, лексичні та семантичні особливості тексту, що вкрай важливо для розуміння комплексних емоційних реакцій користувачів. Використання механізмів attention поліпшує здатність моделі зосереджуватися на важливих частинах тексту, тоді як embeddings забезпечують перетворення слів у вектори для подальшої обробки. Для темового моделювання застосовуються методи Latent Dirichlet Allocation та Non-Negative Matrix Factorization, що розкривають приховані теми в текстах, дозволяючи експертам АПК отримувати нові інсайти зі своїх даних. Крім того, стаття розглядає використання алгоритму PELT для виявлення змін у часі, яке підвищує точність і надійність оцінок, отриманих з текстів. Важливим аспектом є застосування векторних баз даних, що дозволяють обробляти та зберігати великі масиви даних з високою швидкістю і ефективністю. Таким чином, ця інноваційна методологія надає суттєві переваги для індустрії АПК, забезпечуючи можливість глибшого аналізу управлінських рішень та їх впливу, пропонуючи нові шляхи оптимізації та підвищення ефективності процесів.

**Ключові слова:** Мультимодальність, Embeddings, Topic modeling, Sentiment analysis, Векторна база даних, алгоритм PELT, Latent Dirichlet Allocation, Non-Negative Matrix Factorization, Topic Modelling.

### 1. ВСТУП

Постановка проблеми. У сучасному агропромисловому комплексі (АПК) України управлінські рішення екстремально важливі для забезпечення ефективності та гармонійного розвитку галузі. Проте, традиційні методи аналізу часто виявляються недостатніми для виявлення емоційної складової суспільної думки, що має ключове значення для формування управлінських стратегій. Тому виникає необхідність у нових методах, які б дозволяли аналізувати великі обсяги текстових даних, отриманих із різних джерел. Це й визначає актуальність розробленої методології аналізу настроїв у даному дослідженні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки з'явилося численне коло досліджень, які охоплюють питання текстової аналітики, зокрема використання методів машинного навчання для аналізу настроїв. Зокрема, роботи [1], [2] підкреслюють

важливість інтеграції мультимодальних даних для покращення якості аналізу. Проте, незважаючи на численні дослідження, залишаються невирішеними питання щодо ефективності таких методів у специфічних контекстах, зокрема в агропромисловості. Тому дане дослідження фокусується на цих аспектах, намагаючись заповнити існуючі прогалини.

Мета публікації. Мета цієї статті полягає у розробці та впровадженні інноваційної методології аналізу настроїв, що базується на сучасних методах машинного навчання, для оцінки управлінських рішень у галузі АПК.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Запропонована методологія аналізу настроїв для оцінки ефективності управлінських рішень у галузі агропромислового комплексу (АПК), виявлення настроїв громадськості, прогнозування реакцій на новини та рішення, а також визначення ключових факторів, що впливають на зміну цих настроїв реалізується за рахунок комплексне використання наступних концепцій:

Мультимодальність — в контексті текстової аналітики мультимодальність, забезпечує об'єднання різних методів обробки тексту для більш структурованого представлення інформації та дозволяє інтегрувати текстові дані з іншими типами даних, дозволяє організувати текстові дані у формалізованому вигляді та відкриває нові можливості для їх дослідження та використання. Embeddings — це математичне представлення текстів у вигляді багатовимірних векторів, які кодують семантичні зв'язки між словами, реченнями чи текстами. Завдяки таким моделям, як Word2Vec, GloVe або сучасні BERT і GPT, текстові елементи, що мають схожі значення, розташовуються близько в багатовимірному просторі [3]. Це дозволяє групувати документи та здійснювати ефективний пошук схожих текстів або кластеризацію в реальному часі. Topic modeling — забезпечує тематичну структурування тексту, дозволяє визначити основні теми в корпусі текстів. Відомі методи, такі як LDA (Latent Dirichlet Allocation) або NMF (Non-Negative Matrix Factorization), групують тексти за темами, надаючи структурований огляд основних напрямів інформації [4, 5, 6]. Використовуючи embeddings при цьому дозволяє проводити аналіз у векторному просторі: шукати тексти за тематикою, виявляти тренди або визначати зв'язки між темами. Sentiment analysis — є ключовим інструментом для оцінки емоційного забарвлення текстів. Він визначає, чи текст є позитивним, негативним чи нейтральним, а також може деталізувати його емоційні аспекти (радість, злість, тривога тощо) [7]. Використання embeddings у sentiment analysis дозволяє враховувати як контекст, так і семантичні особливості, що забезпечує точність аналізу для постів чи новин. Векторна база даних виступає ядром аналітичної системи, забезпечуючи взаємодію між різними методами аналізу. Вона дозволяє виконувати запити до текстів на основі семантичної близькості, реалізувати кластеризацію векторів, зберігати результати аналізу, а також проводити пошук або прогнозування з використанням багатовимірного представлення даних [7]. Це забезпечує можливість масштабування аналітики для великих обсягів даних.

При цьому загальна процедура обробки даних включає наступні кроки: 1. Збір і зберігання сирих даних. На цьому етапі текстові дані збираються із різних джерел, таких як соціальні мережі, новинні сайти чи форуми, офіційні статистичні звіти. Вони зберігаються в базах даних у сирому вигляді разом із контекстними метаданими. 2. Попередня обробка тексту. Сирі тексти очищуються від шуму (пунктуація, стоп-слова, HTML-теги), нормалізуються (лемматизація, стемінг) і готуються до векторизації. 3. Векторизація. Підготовлені тексти перетворюються на embeddings за допомогою моделей, таких як BERT, FastText або GPT. Ці векторні представлення додаються до

векторної бази даних, де вони стають доступними для пошуку та аналітики. 4. Моделювання та аналіз. Векторні дані проходять через етапи topic modeling для виявлення тем, sentiment analysis для оцінки настроїв, та інші методи для аналізу залежностей і трендів. Attention-механізми використовуються для розуміння контексту ключових слів або фраз. Для сегментації часових рядів використовується алгоритм PELT. Власне сегментація є ключовим етапом для аналізу змін у настроях громадськості, а алгоритм PELT (Pruned Exact Linear Time) використовується для виявлення точок змін у часових рядах настроїв, що дозволяє визначити періоди найбільш інтенсивних змін настроїв громадян щодо політики в АПК

5. Агрегування та візуалізація. Результати аналізу об'єднуються у звіти або візуалізації, які демонструють, наприклад, розподіл тем, інтенсивність настроїв чи ключові впливові фактори.

### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Таким чином, запропонована методологія дозволяє урядовим органам оцінювати загальний настрій (позитивний, нейтральний, негативний), інтенсивність емоцій (висока, середня, низька), потенційні ключові події, що викликають емоційну реакцію та як довго позитивна чи негативна реакція громадськості впливатиме на ефективність державного управління АПК. Такий аналіз допомагає передбачати, чи буде запропонована політика сприйнята як ефективна та корисна, чи викличе негативну критику, а використання сучасних інструментів аналізу настроїв відкриває нові можливості для підвищення ефективності державного управління в агропромисловому секторі України.

### **ПОСИЛАННЯ**

1. Y. Wang, H. Xu, and C. Sun, "Targeted Aspect-Based Multimodal Sentiment Analysis Using Attention Capsule Extraction," *\*Journal of Artificial Intelligence Research\**, 2021. [Online]. Available: arXiv:2104.07012
2. Z. Wu, T. Sun, Y. Wang, and W. Xu, "Hierarchical Attention for Multimodal Sentiment Analysis with Tensor Fusion," in *\*Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence\**, 2022. [Online]. Available: <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/18835>
3. T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. S. Corrado, and J. Dean, "Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space," *\*arXiv preprint\**, 2013. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1301.3781>
4. J. Pennington, R. Socher, and C. Manning, "GloVe: Global Vectors for Word Representation," in *\*Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)\**, 2014. [Online]. Available: <https://aclanthology.org/D14-1162/>
5. D. M. Blei, A. Y. Ng, and M. I. Jordan, "Latent Dirichlet Allocation," *\*Journal of Machine Learning Research\**, vol. 3, pp. 993-1022, 2003.
6. D. D. Lee and H. S. Seung, "Learning the Parts of Objects by Non-Negative Matrix Factorization," *\*Nature\**, vol. 401, pp. 788–791, 1999.
7. Pinecone AI, "Introduction to Vector Databases," 2022. [Online]. Available: <https://www.pinecone.io/learn/vector-database/>

**Ірина Бороккіна**

К.т.н., доцент, доцент

Місце роботи: каф. комп'ютерної та програмної інженерії УДУ ім. Михайла Драгоманова, Київ, Україна

0000-0003-3667-3728

*borir@ukr.net*

**Георгій Бороккін**

Старший викладач

Місце роботи: каф. комп'ютерних наук НУБіП України, Київ, Україна

0000-0002-6488-6512

*heorhii.borodkin@nubip.edu.ua*

## МІСЦЕ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ЗА SWEBOOK V4.0 (2024)

**Анотація.** Розвиток такої галузі знань як «Архітектура програмного забезпечення» пройшов складний шлях від першого згадування в роботі Едгера Вібе Дейкстри ще у серпні 1968 року аж до окремої галузі знань в інженерії програмного забезпечення у SWEBOOK v4.0. Якщо Дейкстра розглядав архітектуру як концепцію побудови складних програмних систем, то у 2024 році цей напрямок вийшов з галузі «Проектування ПЗ» і став окремою галуззю знань серед основних сфер діяльності програмної інженерії. The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOOK Guide), що був опублікований IEEE Computer Society (IEEE CS) влітку 2024 року відображає поточний стан загальноприйнятих, заснованих на консенсусі знань, які впливають із взаємодії між теорією програмної інженерії і практикою. Його цілі включають надання вказівок для студентів, дослідників і розробників щодо визначення та поширення загального розуміння «загальноприйнятих знань» у розробці програмного забезпечення, визначення межі між розробкою програмного забезпечення та суміжними дисциплінами, а також забезпечення основи для сертифікації та розробки навчальних програм для вищих навчальних закладів. Щоб відобразити області, які стають особливо важливими в сучасній інженерії програмного забезпечення, в новій редакції 2024 року були додані наступні галузі знань: архітектура програмного забезпечення, безпека програмного забезпечення та операції з програмної інженерії. У 2 розділі документа архітектура програмного забезпечення розглядається з кількох точок зору: концепції; представницькі та робочі продукти; контекст, процес і методи; аналіз та оцінка. На відміну від попереднього видання (Guide V3), це видання створює галузь знань про архітектуру програмного забезпечення окремо від Design Software. Тому саме місцю архітектури програмного забезпечення в життєвому циклі сучасної розробки програмних продуктів і присвячене це дослідження.

**Ключові слова:** розробка програмного забезпечення; програмна інженерія; архітектура програмного забезпечення; SWEBOOK.

### 1. ВСТУП

Протягом останніх сорока п'яти років розробка програмного забезпечення перетворилася з «мистецтва програмування» [1] в інженерну професію [2], яка характеризується професійним товариством; наявністю стандартів, що визначають загальноприйняті професійні практики; кодексом етики; матеріалами конференцій; підручниками; керівними принципами та навчальними планами; критеріями акредитації та акредитованими дипломними програмами; сертифікаціями та ліцензуванням і, врешті решт, документом з ядра знань з програмної інженерії [3].

**Постановка проблеми.** Роль архітектури програмного забезпечення (ПЗ) весь час зростає із збільшенням складності програмних систем. Для розуміння напрямків руху у цій галузі знань слід спиратись на узагальнений міжнародний досвід.

**Мета публікації.** Враховуючи вищезазначене, метою статті є висвітлення нового бачення місця розробки архітектури програмного забезпечення в життєвому циклі розробки ПЗ, яке викладене в документі The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOOK Guide), що був опублікований влітку 2024 року.

## 2. ЕТАПИ РОЗВИТКУ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У 1958 році Джон Тьюкі, всесвітньо відомий статистик, ввів термін «програмне забезпечення». А термін «програмна інженерія» була використана в назві конференції НАТО, що відбулася в Німеччині в 1968 році, де були закладені засади розділу IT-сфери на комп'ютерну інженерію, програмну інженерію та інженерію даних.

У 1990 році було розпочато планування міжнародного стандарту для забезпечення спільної точки зору на програмну інженерію. Стандарт було завершено в 1995 році з позначенням ISO/IEC 12207 і він отримав назву «Стандарт для процесів життєвого циклу програмного забезпечення». Версію IEEE 12207 було опубліковано в 1996 році і це забезпечило важливу основу для сукупності отриманих знань для SWEBOOK 2004. Версія ISO/IEC 12207:2008 і IEEE 12207-2008, є основою для SWEBOOK Guide V3.

Відповідно до цього документу архітектура програмного забезпечення (ПЗ) входила як розділ «Структура та архітектура програмного забезпечення» до галузі знань (ГЗ) «Проектування ПЗ» (Software Design). У своєму строгому розумінні архітектура програмного забезпечення - це «сукупність структур, що є необхідними для розробки системи, які складаються з програмних елементів, відносин між ними і властивостей їх обох» [4]. Однак у середині 1990-х років архітектура програмного забезпечення почала з'являтися як більш широка дисципліна, яка передбачала вивчення програмних структур та архітектур більш загальним способом. Це породило ряд цікавих концепцій про програмне проектування на різних рівнях абстракції. Деякі з цих концепцій можуть стати в нагоді під час архітектурного проектування (наприклад, архітектурні стилі), а також під час детального проектування (наприклад, патерни проектування).

Опис архітектури ПЗ за SWEBOOK Guide V3 складався з 5 частин:

- Архітектурні розбудови та поглядіві майданчики. Різні високорівневі аспекти проектування програмного забезпечення можуть бути описані та задокументовані. Ці грані часто називають поглядами (представленнями, видами): «Вид являє собою частковий аспект архітектури програмного забезпечення, який показує специфічні властивості програмної системи» [4].

- Архітектурні стилі. Архітектурний стиль - це «спеціалізація типів елементів і відносин разом з набором обмежень щодо способу їх використання» [4]. Таким чином, архітектурний стиль можна розглядати як засіб, що забезпечує організацію високого рівня програмного забезпечення.

- Патерни проектування. Якщо стисло – це «узагальнене рішення загальної проблеми в даному контексті» [5]. Якщо архітектурні стилі можна розглядати як шаблони організації ПЗ високого рівня, то патерни проектування можуть бути використані для опису деталей на більш низькому рівні.

- Архітектурні проектувальницькі рішення. В процесі проектування розробникам програмного забезпечення доводиться приймати ряд принципових рішень, які глибоко впливають на ПЗ і процес розробки.

- Лінійки програм і фреймворків. Одним з підходів до забезпечення повторного використання конструкцій і компонентів програмного забезпечення є проектування сімейств (лінійки) програм, що також відомі як лінійки програмних продуктів.

### 3. МІСЦЕ РОЗРОБКИ АРХІТЕКТУРИ ПЗ ЗА SWEBOK GUIDE V4

The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK Guide), що був опублікований IEEE Computer Society (IEEE CS) влітку 2024 року відображає поточний стан загальноприйнятих, заснованих на консенсусі знань, які впливають із взаємодії між теорією програмної інженерії і практикою.

Керівництво складається з 18 галузей знань (ГЗ) (КА - knowledge area), за якими йдуть кілька додатків. ГЗ – це визначена область розробки програмного забезпечення, яка визначається вимогами до знань і описується з точки зору складових процесів, практик, входів, результатів, інструментів і методів. В новій редакції 2024 року були додані наступні ГЗ: ГЗ архітектури програмного забезпечення, ГЗ безпеки програмного забезпечення, та ГЗ операцій з програмної інженерії.

На відміну від попереднього видання (Guide V3), це видання створює ГЗ про архітектуру програмного забезпечення окремо від ГЗ Design Software, через значний інтерес і зростання цієї галузі у порівнянні з початком ХХІ століття. Тепер ГЗ архітектури програмного забезпечення має таку структуру (Рис. 1)

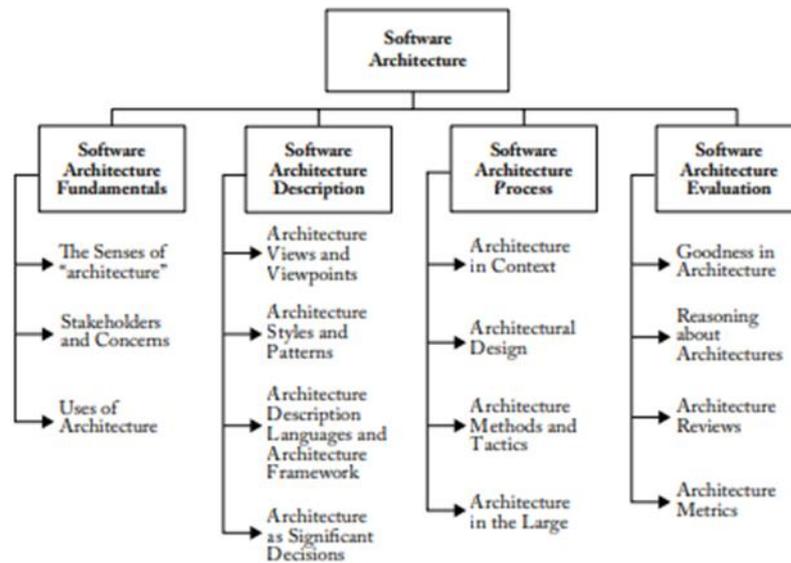


Рисунок 1. Структура ГЗ Архітектура програмного забезпечення

Архітектура програмного забезпечення складається з 4 розділів: Основи архітектури ПЗ (Сенс «архітектури», Зацікавлені сторони та проблеми, Використання архітектури), Опис архітектури ПЗ (Архітектурні види та точки зору, Стили та патерни архітектури, Мови опису архітектури та структура архітектури, Архітектура як важливі рішення), Процес архітектури ПЗ (Архітектура в контексті, Архітектурне проектування, Методи і тактика архітектури, Архітектура у великому масштабі), Оцінка архітектури ПЗ (Користь від архітектури, Міркування про архітектуру, Огляди архітектури, Метрики архітектури).

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Все вище наведене вказує на потребу більш детального дослідження The Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK Guide V4) з метою вдосконалення робочих програм викладання дисциплін, що пов'язані з інженерією програмного забезпечення.

## **ПОСИЛАННЯ**

- [1] Donald Knuth. The Art of Computer Programming. — Addison-Wesley Professional, 2015. — Т. Volume 4, Fascicle 6: Satisfiability. — xiii+310 с. — ISBN 978-0-13-439760-3.
- [2] Бородкіна І.Л., Бородкін Г.О. Інженерія програмного забезпечення: Навчальний посібник. – Київ : Центр учбової літератури, 2018. - 204 с.
- [3] Download SWEBOOK PDF. [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [http://swebokwiki.org/Download\\_SWEBOOK\\_PDF](http://swebokwiki.org/Download_SWEBOOK_PDF) – Назва з титул. екрану.
- [4] P. Clements et al., Documenting Software Architectures: Views and Beyond, 2nd ed., Pearson Education, 2010.
- [5] I. Jacobson, G. Booch, and J. Rumbaugh, The Unified Software Development Process, Addison-Wesley Professional, 1999.

## SECTION 4. INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY, TECHNOLOGY AND NATURAL USE / ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

### **Вікторія Смолій**

доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем і технологій  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0002-1268-7837  
vmsmolij@nubip.edu.ua

### **Натан Смолій**

магістрант кафедри інформаційних систем і технологій Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна  
ORCID ID: 0009-0002-3763-6726  
hoibbitizukrainy@gmail.com

### ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ»

**Анотація.** Запропоновано, проаналізовано та систематизовано підхід до навчання бакалаврів з використанням кейс-проектів, що включають розв'язання (вирішення) індивідуальних економічних, соціальних та бізнес-ситуацій, спрямованих на формування загальної системи знань і вмінь студентів, опанування необхідних компетентностей і результатів навчання. Досліджено комплекс програмного забезпечення для вирішення означених задач, перевірено адекватність отриманих результатів на контрольній вибірці, проаналізовано отримані результати.

**Ключові слова:** управління змістом навчального процесу, підготовка бакалаврів, програми автоматизації бізнесів, кейс-проекти, результати опанування дисципліни.

Викладання дисципліни «Інформаційні системи і технології в управлінні» спрямоване на поширення знань про сучасні інформаційні системи та технології управління серед майбутніх фахівців галузі ІТ та Економічної кібернетики [1-3].

Вивчення навчальних матеріалів дисципліни сприяє отриманню майбутніми бакалаврами з інформаційних систем та технологій та економічної кібернетики відповідного рівня грамотності з основ інформаційних систем та технологій управління сучасними економічними, соціальними та виробничими системами для забезпечення ефективності та отримання відповідних результатів [4].

Основне завдання навчальної дисципліни полягає в отриманні навичок системного та ефективного використання інформаційних систем та технологій управління для досягнення відповідних показників результатів діяльності в різних галузях економіки і виробництва (залежно від специфіки автоматизації відповідного бізнесу) [2-5].

Навчальна дисципліна забезпечує формування інтегральної компетентності: для спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» - здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності у сфері інформаційних систем і технологій, володіння навичками роботи з комп'ютером для вирішення задач проектування та програмування інформаційних систем; для спеціальності 051 «Економіка» ОП «Економічна кібернетика» - здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в економічній сфері, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, що передбачає застосування теорій та методів економічної науки.

Загальні компетентності, які набуваються при вивченні дисципліни для спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»: ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення; ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; для спеціальності 051 «Економіка» ОП «Економічна кібернетика»: ЗК7. Навички

використання інформаційних і комунікаційних технологій; ЗК9. Здатність до адаптації та дій в новій ситуації.

Фахові компетентності для спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»: СК4. Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші); СК12. Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет); для спеціальності 051 «Економіка» ОП «Економічна кібернетика»: СК7. Здатність застосовувати комп'ютерні технології та програмне забезпечення з обробки даних для вирішення економічних завдань, аналізу інформації та підготовки аналітичних звітів; СК10. Здатність використовувати сучасні джерела економічної, соціальної, управлінської, облікової інформації для складання службових документів та аналітичних звітів; СК12. Здатність самостійно виявляти проблеми економічного характеру при аналізі конкретних ситуацій, пропонувати способи їх вирішення; СК15. Здатність здійснювати побудову моделей складних задач прийняття рішень; СК17. Здатність розробляти та досліджувати економіко-математичні моделі економічних об'єктів і систем з метою їх аналізу та вдосконалення системи управління; СК18. Здатність розробляти стратегії розвитку економічних систем різного призначення та рівня ієрархії.

Формування визначених ОП програмних результатів навчання у здобувачів освіти забезпечено шляхом впровадження в навчальний процес кейс-проектів, спрямованих на організацію та аналіз функціонування суб'єктів господарювання, визначення показників, які характеризують результативність їх діяльності, синтез та реалізація оптимальних рішень щодо управління розвитком суб'єктів економічної діяльності на основі використання відповідних систем автоматизації бізнесу.

Серед викликів при організації викладання дисципліни слід виділити наступні об'єкти впливу: забезпечення належно високого конкурентного рівня викладання дисципліни з врахуванням досвіду українських і закордонних вишів щодо підготовки фахівців зазначених спеціальностей, вимоги стейкхолдерів щодо вивчення сучасних актуальних систем автоматизації бізнесів, різний рівень знань і мотивації здобувачів освіти і необхідність впровадження кейс-технологій навчання, як дієвого інструменту осмислення реальних професійних ситуацій, опис яких водночас відображає не тільки практичні проблеми, а й актуалізує певний комплекс знань, які необхідно засвоїти для їх розв'язання та існуючі обмеження у часі і тижневому навантаженні при організації навчального процесу.

Наведений приклад індивідуального завдання спирається на роботу з електронікою, що також є одним з елементів заохочування і спонукування до вивчення дисциплін, оскільки старші курси бакалаврату вже напряму розглядають можливість працевлаштування, а вивчення матеріалу дисциплін дозволяє зробити вибір на користь роботи за фахом.

Для індивідуального варіанту завдання здобувачу освіти на базі створеної концептуальної моделі предметної області щодо діяльності певного підприємства, слід створити ER-діаграми предметної області (рис.1, а) та згенерувати Relational Schema (рис.1, б). Отриману Relational Schema слід перевірити на повноту і правильність для індивідуального варіанту завдання та на її базі згенерувати скрипт SQL (рис.1, в). Далі необхідно виконати SQL скрипт та створити БД підприємства згідно індивідуальному варіанту завдання. Для створеної БД потрібно перевірити ключі, відповідність ЗНФ та згенерувати структуру БД. Також потрібно організувати скрипти запитів до БД щодо наявності, кількості та особливостей роботи з номенклатурою та контрагентами. За допомогою шаблонів слід створити проект Asp.net Core сайту магазину (рис.1,г у

відповідності до індивідуального варіанту кейс-проєкту) з жорсткою прив'язкою до номенклатури виробів підприємства.

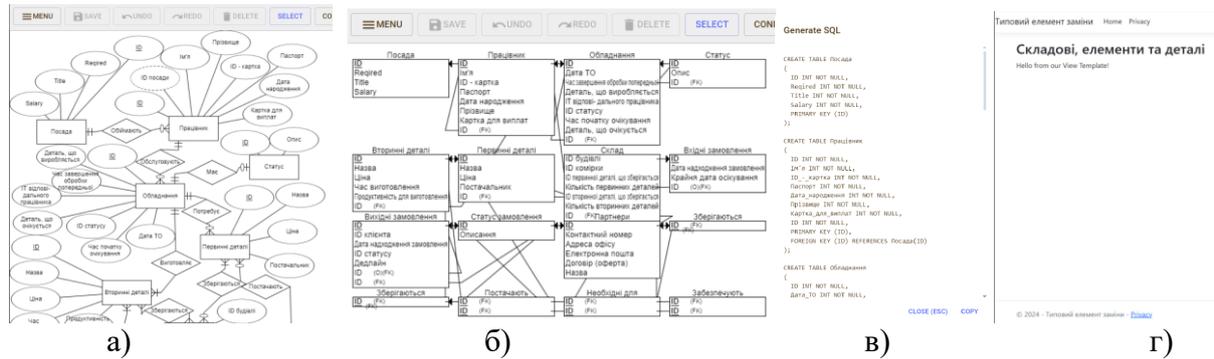


Рисунок 1. Етапи виконання індивідуальних кейс-проєктів

Дослідження роботи підрозділів «Фінансовий результат і контролінг» та «Регламентований облік» (після вивчення попередніх операцій) здобувачами освіти здійснюється у ліцензованих системах автоматизації бізнесу, де оцінюються ефективність бізнесу, правильність рішень та робиться прогноз наступних бізнес-стратегій, зокрема розглядаються статті витрат, додаткові витрати та ТЗВ (транспортно-заготівельні витрати). Також детально аналізується рентабельність роботи з усіма клієнтами.

## ВИСНОВКИ

Проілюстровано актуальність, доцільність і раціональність використання кейс-технологій для викладання зазначеної дисципліни та оцінено важливість отриманих студентами навичок і вмій у подальшому при написанні курсової і дипломної робіт, працевлаштуванні за фахом і можливого кар'єрного зростання у вибраній галузі здобуття вищої освіти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A.Broka, A.Toots "Locating Central and Eastern European emerging welfare regimes: is the youth welfare citizenship typology useful?", *International Journal of Sociology and Social Policy*, 42 (1-2), pp. 75 – 91. 2022. doi: 10.1108/IJSSP-04-2021-0104
2. Сучасна Освіта в Україні і за кордоном [Електронний ресурс]. Доступно: <https://osvita.in.net/university- abroad> Дата звернення: Лис. 10, 2023.
3. Modulhandbuch. Informationsmanagement und Informationstechnologie Bachelor / Master [Online]. Available [https://www.uni-hildesheim.de/media/fb4/dekanat/Ordnungen/IMIT/PO2022/ENTWURF\\_Modulhandbuch\\_IMIT\\_PO202\\_2\\_Stand\\_2022.11.18.pdf](https://www.uni-hildesheim.de/media/fb4/dekanat/Ordnungen/IMIT/PO2022/ENTWURF_Modulhandbuch_IMIT_PO202_2_Stand_2022.11.18.pdf) Accessed on: Nov. 10, 2023. (auf Deutsch).
4. J.Wu "Efficient Management System of Construction Engineering Industry Based on ERP", *Proceedings - 2021 International Conference on Wireless Communications and Smart Grid, ICWCSG 2021*, pp. 346 - 349, 2021. doi: 10.1109/ICWCSG53609.2021.00075
5. S.Aini, M.Lubis, R. W.Witjaksono, A.Hanifatul Azizah "Analysis of Critical Success Factors on ERP Implementation in PT. Toyota Astra Motor Using Extended Information System Success Model", *MECnIT 2020 - International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology*, art. no. 9166653, pp. 370 – 375. 2020. doi: 10.1109/MECnIT48290.2020.9166653

### **Максим Мокрієв**

канд.екон.наук, доцент, керівник центру дистанційних технологій навчання  
Місце роботи: НУБіП України, каф.інформаційних систем і технологій, Київ, Україна  
ORCID ID: 0000-0002-6717-3884  
[m.mokriiev@nubip.edu.ua](mailto:m.mokriiev@nubip.edu.ua)

## **ВИКОРИСТАННЯ LMS MOODLE ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІЛЬНОГО ВИБОРУ СТУДЕНТАМИ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН**

**Анотація.** У статті розглядається використання LMS Moodle для організації вибору студентами навчальних дисциплін у вищих закладах освіти. Обґрунтовано важливість індивідуалізації навчання, що дозволяє студентам формувати персональні траєкторії відповідно до їх інтересів і кар'єрних орієнтацій. Автор аналізує технічні можливості Moodle для автоматизації процесу реєстрації на курси, включаючи інтеграцію з університетськими інформаційними системами. Показано, як функціонал Moodle може оптимізувати вибір курсів, спростити адміністрування та забезпечити гнучкість навчального процесу.

**Ключові слова:** вища освіта; вибіркова компонента; індивідуалізація навчання; інформаційні технології; lms moodle.

### **ВСТУП**

Сучасні тенденції вищої освіти, зокрема і в Україні, сприяють посиленню академічної автономії студентів і гнучкості навчальних процесів. Однією з важливих складових цих змін є право студентів на вільний вибір навчальних дисциплін, що дозволяє їм формувати індивідуальні траєкторії навчання в межах визначених навчальних планів. Згідно цієї концепції, студенти в праві здійснювати вибір з дисциплін запропонованих навчальним планом, визначаючи швидкість його проходження, варіативність і навіть вибір дисциплін з інших освітніх програм (у визначених межах), які будуть розширювати їхній світогляд та поглиблювати загальні компетентності.

**Постановка проблеми.** Проте з технічного боку така можливість повністю ламає усталений в Україні підхід до організації навчального процесу. Де було чітко визначено порядок, терміни проходження, розклад занять для груп і таке інше. Нововведення вимагають індивідуального підходу до навчального плану кожного студента, де немає чіткого попередньо визначеного переліку всіх дисциплін та терміну їх проходження, де термін "група" зміщується на рівень дисципліни, а поняття академічна група зникає, де потрібно забезпечити студентам не лише вибір дисциплін, а і їх неперетинання в розкладі протягом семестру. Без чіткої технічної організації та інформаційної підтримки реалізація цього може видаватися нездійсненною. В нашій доповіді ми хочемо показати підхід до технічної реалізації організації процесу вибору студентами дисциплін за допомогою системи управління курсами Moodle.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно з українським законодавством, зокрема Законом України "Про вищу освіту" [1], студентам надається право вибору навчальних дисциплін в межах академічного плану навчання, а також можливість змінювати його відповідно до їхніх інтересів та кар'єрних орієнтацій. Це право є частиною загальних принципів академічної свободи, що підкріплене вимогами кредитно-модульної системи. Для технічної реалізації таких вимог в межах вищого закладу освіти можна використовувати програмно-інформаційні засоби, такі як наприклад LMS Moodle, які дозволяють організувати ефективний процес реєстрації на навчальні курси, автоматично контролювати кількість місць на цих курсах, а також синхронізувати вибір дисциплін зі студентськими навчальними планами, які можуть

розміщуватися в студентській інформаційній системі (SIS) університету, що відповідає вимогам законодавства та міжнародним стандартам.

На міжнародному рівні питання використання платформ для управління навчанням (LMS), зокрема Moodle, для організації вибору дисциплін студентами активно досліджується. Одним з основних напрямів є технічне забезпечення автоматизації процесу реєстрації студентів на курси. Дослідження показують, що інтеграція LMS з університетськими інформаційними системами дозволяє значно оптимізувати процеси вибору курсів, уникати помилок при реєстрації, автоматично формувати академічне навантаження та підтримувати баланс між кількістю студентів і викладачів. Наприклад, дослідження, проведені в університетах США та Європи, демонструють, як платформи, такі як Moodle, допомагають зменшити адміністративне навантаження, забезпечити доступність інформації для студентів та викладачів, а також покращити якість навчання завдяки персоналізації навчального досвіду. [2,3]

В Україні питання технічної організації вибору курсів студентами через Moodle також досліджується. Перш за все, українські науковці аналізують використання Moodle в контексті реалізації кредитно-модульної системи, в тому числі для організації вибору дисциплін. Зокрема, Семігіна Тетяна та Новак Антон у своїй праці [4] проаналізували технічні аспекти вибору платформи для автоматизованого вибору студентами навчальних курсів. Вони досліджують питання інтеграції Moodle з іншими університетськими інформаційними системами для забезпечення синхронізації даних про студентів, їх успіхи та вибір курсів. Інші дослідження, як-от праці Ірини Шевченко та Олексія Стрельникова, акцентують увагу на удосконаленні інтерфейсів Moodle для зручного і зрозумілого вибору дисциплін, а також на можливостях створення адаптивних навчальних траєкторій, що дозволяють студентам більш ефективно організувати власне навчання.

Мета роботи полягає у висвітленні технічної можливості використання Moodle для вибору навчальних дисциплін студентами. Цього разу ми хочемо акцентувати увагу на частині вибору - вільний вибір.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Хоча Moodle є системою управління електронними курсами і в набагато меншій мірі системою управління навчанням, проте він пропонує широкий спектр інструментів для організації навчального процесу, зокрема для автоматизації та організації вибору дисциплін студентами.

Першим чином необхідно підготувати навчальні курси для процедури вибору. Для цього потрібно створити всі необхідні курси; в описі курсу розмістити базову інформацію про кількість кредитів, години на теорію та практику, форму підсумкового контролю, а також анотацію курсу. Призначений на курсі викладач автоматично підставляється в описі курсу, а отже відразу доступний студенту.

В базовій комплектації курси в Moodle можуть бути організовані в каталоги. Таким чином можна в один каталог покласти всі курси для вибору дисциплін загальноуніверситетського рівня. Студенти будуть відразу бачити весь доступний їм для ознайомлення перелік.

Moodle має вбудовану функціональність для реєстрації студентів на курси. Така можливість реалізована через різні модулі реєстрації. Найбільш використовуваним є спосіб ручної реєстрації, коли викладач самостійно реєструє студентів по одному. Також є автоматичний запис, коли студенти можуть бути автоматично записані на курси на основі їхнього статусу чи попередніх досягнень. Проте для нашого випадку найкраще буде спосіб самозапису. В цьому випадку студент вибирає навчальний курс та самостійно на нього записується. При цьому в параметрах модуля можна задати

терміни, протягом яких може бути здійснено самозапис, може бути визначена кількість місць для запису, може бути визначено групу, в яку студент хоче записатися (якщо передбачається кілька груп на семестр для вивчення).

Таким чином студенти вибирають дисципліну не з окремого абстрактного списку, а свідомо відразу записуючись та потрапляючи в середину дисципліни. Такий вибір буде відразу видимий для студента в його особистому кабінеті (dashboard).

Натомість викладач вибраної дисципліни буде відразу бачити, скільки та хто саме записався до них на навчання. Гнучка система доступу до навчальних матеріалів в середині курсу дозволяє налаштувати правила, за якими подальший доступ буде відкриватися у визначений час початку навчання.

Такий підхід прискорить процедуру вибору студентами курсу, викинувши з неї етапи формування груп, передачі викладачам списків, зарахування викладачами студентів по одному вручну.

Аналіз результатів вибору студентів для менеджерів може бути здійснено через механізм побудови звітів, вбудований до Moodle. А фіксація не лише вибору, а й результатів навчання за вибраним навчальним курсом за допомогою інтеграції Moodle з студентською інформаційною системою (наприклад, електронний деканат), яка використовується в університеті. Moodle може бути інтегрована з системами управління розкладом, щоб автоматично синхронізувати доступність курсів і уникнути конфліктів у виборі дисциплін.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, використання Moodle дає можливість швидко обирати курси, ознайомлюватися з деталями дисциплін та реєструватися через інтерфейс, що дає можливість економити час. У загальному вигляді, Moodle дозволяє не тільки організувати вибір курсів, але й інтегрувати цей процес з іншими аспектами навчання, створюючи ефективну та зручну для студентів систему організації освітнього процесу.

## ПОСИЛАННЯ

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про вищу освіту.  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>
2. T. H. Kim, J. W. Lee. Automating Course Registration Using Moodle in Large Universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2018. DOI: 10.1186/s41239-018-0105-0
3. J. M. Wilson, P. J. Richards. Personalizing Education with Moodle: Supporting Student Choice and Flexible Learning. *Educational Technology Research and Development*, 2021. DOI: 10.1007/s11423-021-09934-1
4. Semigina, Tetyana and Novak, Anton, Інформаційні системи для вибіркових дисциплін у закладах вищої освіти [Information Systems for Electives in Higher Education Institutions] (September 26, 2023). Semigina, T. & Novak, A. (2023). Information systems for electives in higher education institution. *Vectors of the development of science and education in the modern world : collective monograph* / V. Shpak, ed. (с.5-13). Sherman Oaks, California : GS Publishing Services. <https://www.eo.kiev.ua/resou>, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4585293> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4585293>

**Швиденко М.З.**

канд. екон. наук, доцент, завідувач кафедри інформаційних систем і технологій НУБіП України  
ORCID ID: 0000-0002-9025-1326  
shvydenko@nubip.edu.ua

**Рогоза К.Г.**

канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій НУБіП України  
ORCID ID: 0000-0002-9417-1745  
konstantin.r@nubip.edu.ua

**Волошин С.М.**

канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки НУБіП України  
ORCID ID: 0000-0002-4913-7003  
voloshyn@nubip.edu.ua

## БЛОКЧЕЙН СИСТЕМИ У ЕНЕРГЕТИЦІ

**Анотація.** У статті розглядаються особливості застосування блокчейн-систем у енергетичній галузі. В еру технологічного прогресу блокчейн стає перспективним рішенням, пропонуючи цифрову платформу для енергетичного сектору, яка є децентралізованою, безпечною, прозорою, незмінною та надійною. Блокчейн має основні властивості та характеристики, необхідні для задоволення вимог майбутніх енергетичних систем, долаючи при цьому обмеження існуючих структур. Існує багато варіантів використання, які забезпечують бізнес-моделі для майбутньої інтеграції в електромережі, що швидко стають розумними. Розглянуті конкретні блокчейн рішення енергетичних компаній, що використовують блокчейн та проблеми з якими стикаються при впровадженні блокчейн систем в енергетичному секторі.

**Ключові слова:** технологія блокчейн, блокчейн системи, енергетика, виробництво енергії, електропостачання.

### 1. ВСТУП

Технологія блокчейн з її децентралізованою та прозорою сутністю стала трансформаційним трендом у різних галузях. Зокрема, енергетичний сектор має у цьому колосальні перспективи для перебудови, оскільки блокчейн пропонує нові підходи до виробництва, розподілу та споживання енергії [1].

Використовуючи технологію блокчейн, енергетичний сектор може ефективно використовувати децентралізацію, відійшовши від традиційного централізованого контролю. Це забезпечує більшу автономію та дає змогу різним зацікавленим сторонам, включаючи споживачів, виробників і операторів мереж, брати активну участь в енергетичних операціях і процесах прийняття рішень [2].

Метою дослідження є огляд варіантів використання та перспектив створення блокчейн систем в енергетичній галузі.

### 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Блокчейн у своїй найпростішій формі – це технологія цифрової розподіленої книги (Distributed Ledger Technology), яка гарантує прозоре та безпечне ведення та зберігання записів. Усі зацікавлені сторони в блокчейні можуть бачити будь-які схвалені транзакції, а також коли вони відбулися та хто їх ініціював. Крім того, ніхто не може змінити ці транзакції після схвалення, а схвалення відбувається за згодою усіх користувачів. Прозорість і відстежуваність лежать в основі блокчейн та роблять його корисним для багатьох онлайн-цифрових транзакцій.

Особливу популярність технологія блокчейн набула з появою Ethereum і смарт-контрактів. Розглянемо варіанти використання блокчейн та побудови відповідних децентралізованих систем для енергетичної галузі [3].

Блокчейн має безліч застосувань, від однорангової торгівлі енергією до перевірки походження енергії. Експерти передбачають, що технологія блокчейн може революціонізувати енергетичний сектор, покращивши енергетичні операції по всьому ланцюжку створення вартості та керуючи складнощами децентралізованої енергетичної системи. Технологія блокчейн надає засоби легітимізації, безпеки та автоматизації передачі енергії без посередників. За даними Emergen Research, очікується, що розмір глобального блокчейну на енергетичному ринку зросте до 8 761,4 млн доларів у 2027 році, зареєструвавши CAGR 56,1% протягом прогнозованого періоду.

Siemens Energy пропонує Automated Pay-Per-Use, що дозволяє комунальним підприємствам оплачувати оновлені послуги лише тоді, коли вони використовуються. Частина витрат сплачується, коли дохід генерується завдяки успішному продажу електроенергії. Цю платіжну модель полегшує технологія блокчейн, яка гарантує, що точні прибутки електростанції будуть точно розраховані та розподілені на пропорційній основі.

Shell досліджує потенціал технології блокчейн для заохочення впровадження екологічно чистих видів палива в транспортному секторі. Крім того, компанія розглядає блокчейн як спосіб перевірки програм вуглецевих кредитів. Відстежуючи ефективність природних рішень для уловлювання вуглецю та уникнення викидів, блокчейн може запобігти подвійному підрахунку вуглецевих кредитів, підтримувати якість лісовідновлення чи проектів збереження та забезпечити прозорість вуглецевого ринку.

Французький енергетичний гігант Engie знаходиться на вістрі технології блокчейн. Одним із способів використання є управління енергетичними транзакціями, включаючи постачання, розподіл і споживання. Компанія також використовує технологію блокчейн для торгівлі сертифікатами відновлюваної енергії (REC), однорангової торгівлі енергією та зарядки електромобілів.

Австралійська блокчейн-компанія WePower створила контрактні токени Ethereum Smart Energy, які продаються через її платформу електронної комерції. Токени призначені для оптимізації та стандартизації відновлюваної енергії, дозволяючи компаніям купувати точну кількість, яка їм потрібна, а також мати можливість продавати будь-які надлишкові потужності.

Австралійська компанія Powerledger, що спеціалізується на програмному забезпеченні та технологіях, прагне збільшити доступність відновлюваної енергії. У квітні 2020 року компанія співпрацювала з ekWateur, постачальником енергії з відновлюваних джерел енергії у Франції, щоб створити блокчейн-платформу для торгівлі енергією, яка дозволяє користувачам вибирати джерело енергії, якому вони віддають перевагу.

SunContract – це P2P-платформа для торгівлі енергією, яка використовує технологію блокчейн для купівлі та продажу відновлюваної енергії. Маючи понад 5000 зареєстрованих клієнтів у Словенії, платформа адаптована до потреб екологічно свідомих споживачів. Метою SunContract є створення Глобального ринку розподілу та торгівлі енергією (GEM), який усуває посередників і надає клієнтам можливість безпосередньо взаємодіяти один з одним.

Iberdrola Group ініціювала пілотний проект на основі блокчейну, який забезпечує перевірку в реальному часі відновлюваної природи енергії, що постачається та споживається. За допомогою цієї технології компанія успішно підключила електростанції до конкретних точок споживання, що забезпечує повну відстежуваність джерела енергії.

Компанія ACCIONA, що базується в Іспанії, співпрацювала з FlexiDAO для розробки першої в світі енергетичної блокчейн-платформи під назвою GreenH2chain.

Ця платформа має на меті гарантувати, що весь «зелений» водень виробляється з відновлюваних джерел, дозволяючи користувачам відстежувати та візуалізувати весь ланцюжок створення вартості «зеленого» водню в режимі реального часу з будь-якої точки світу. Крім того, платформа буде реалізована в проєкті Power to Green Hydrogen, покликаному створити зелену екосистему на острові Майорка (Іспанія).

У рамках програми спільної інновації WIPRO-SAP, «Система відстеження та розподілу зеленої енергії» (GETDS) була створена з використанням SAP Cloud Platform Blockchain. Це рішення задовольняє мінливі потреби індустрії зеленої енергетики, де роздрібні торговці енергією та організації з розподільчих послуг (DSO) повинні розробити нові бізнес-моделі, які мотивують клієнтів стати постійними споживачами, дотримуючись нормативних вимог щодо використання зеленої енергії з місцевих джерел.[5] В Україні перспективним виглядає використання блокчейн рішень для управління обігом гарантій походження електричної енергії. Так, відповідно до Закону [4], походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії суб'єктом господарювання, який виробляє електричну енергію з відновлюваних джерел енергії, споживачем, який встановив генеруючу установку, призначену для виробництва електричної енергії з відновлюваних джерел енергії, з метою забезпечення власного споживання, або активним споживачем підтверджується гарантіями походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, які видаються безоплатно відповідно до порядку видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, який затверджується Кабінетом Міністрів України.

## ВИСНОВКИ

Можливості блокчейну відображаються в викликах, з якими стикається енергетичний сектор. Наприклад, торгівля енергією потребує смарт мережі та смарт обліку. Не всі електромережі готові до інтелектуальних технологій, що зменшує сферу охоплення блокчейна, доки не буде оцифровано кожен аспект. Крім того, блокчейн не гарантує безпечну та збалансовану енергомережу – він може лише контролювати транзакції. Ринок може протистояти переходу енергетики від централізованої до децентралізованої. Великі гравці енергетичного ринку можуть чинити опір переходу до нової системи, вивчаючи, як захистити свою частку ринку. Ідея стовідсоткової прозорості є привабливою для деяких, але не для всіх гравців енергетичної галузі.

Недоліками публічного блокчейну все ще є швидкість та масштабованість, однак, вони знаходяться в стадії вирішення і це має прискорити впровадження. Незважаючи на ці проблеми, потенційні переваги блокчейну в енергетичному секторі значні. Про це також свідчить постійний ріст різноманітних блокчейн рішень в енергетичній галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://reintech.io/blog/blockchain-energy-sector-use-cases-challenges>
2. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/07/18/the-blockchain-disruption-transforming-the-energy-industry-with-transparency-efficiency-and-decentralization/?sh=776ff9d439b6>
3. <https://justenergy.com/blog/energy-blockchain-technology/>
4. Закон України Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 82, ст. 301) Із змінами, внесеними згідно із Законом № 3764-ІХ від 04.06.2024}
5. <https://energydigital.com/top10/top-10-energy-companies-using-blockchain-technology>

### Олена Кузьмінська

Доктор педагогічних наук, професор

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, доцент  
кафедри інформаційних систем і технологій, м. Київ, Україна

ORCID 0000-0002-8849-9648

*o.kuzminska@nubip.edu.ua*

### Ольга Барна

Кандидат педагогічних наук, доцент

Місце роботи: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира  
Гнатюка, м. Тернопіль, Україна

ORCID ID 0000-0002-2954-9692

*barna@tpu.edu.ua*

## ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЧАСТКОВИХ КВАЛІФІКАЦІЙ У ВИЩІЙ ОСВІТІ: ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ЗАСОБАМИ CONNECTED PAPERS

**Анотація.** Поява часткових кваліфікацій є одним з результатів дискусій щодо зміни ролі вищої освіти у XXI столітті та адекватною реакцією на потреби ринку праці, пропонуючи нові навички та розширені послуги для оцінювання та визнання попереднього освітнього досвіду та результатів інвестицій роботодавців у людський капітал. В даному дослідженні було застосовано функціонал Connected Papers для здійснення аналізу тенденцій застосування часткових кваліфікацій у вищій освіті.

**Ключові слова:** часткові кваліфікації, вища освіта, система візуалізації наукової літератури, аналіз

### ВСТУП

Поняття часткових кваліфікацій (мікрокваліфікацій, мікрокредитів - англ. micro-credentials) відносно нове, сформоване спільними зусиллями дослідників, практиків й творців освітніх політик, а тому все ще перебуває у стадії дискусій та експериментів, зокрема, й у визначенні понятійного апарату відповідно до систем освіти різних країн. Як зазначили М. Браун (*Brown*) та М. Мічіл (*Mhichil*) у [1], використання цього поняття в основному залежить від того, хто його використовує і в якому контексті. Хоча здебільшого визначення понятійного апарату має теоретичне підґрунтя, більшість існуючих моделей, прототипів і практик реалізації часткових кваліфікацій (прийmemo український варіант термінології) в основному досліджуються та розробляються в рамках різних освітніх прикладних проєктів. Загалом, часткові кваліфікації визначаються невеликим обсягом навчання, засвідченим сертифікатом, що підтверджує: запис цілеспрямованих навчальних досягнень замовника освітніх послуг; включає оцінку на основі чітко визначених стандартів і присуджується перевіреним постачальником; має окрему цінність і може доповнювати інші освітні програми; відповідає стандартам, які вимагаються відповідною гарантією якості.

Часткові кваліфікації на сьогодні мають значний потенціал щодо адаптації вищої освіти до вимог ринку праці, оскільки забезпечують [2]: гнучкі можливості навчання, визнання вузькоспеціалізованих навичок, інтеграцію формального та неформального навчання.

### ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ

Оскільки впровадження часткових кваліфікацій у вищу освіту все ще перебуває на стадії розвитку, для визначення актуальних тенденцій (рис. 2), що базуються на реальних дослідженнях, було застосовано функціонал програмного засобу Connected

Реперс [3] для побудови візуальних карт задля виявлення взаємозв'язків між науковими працями із зазначеної тематики.

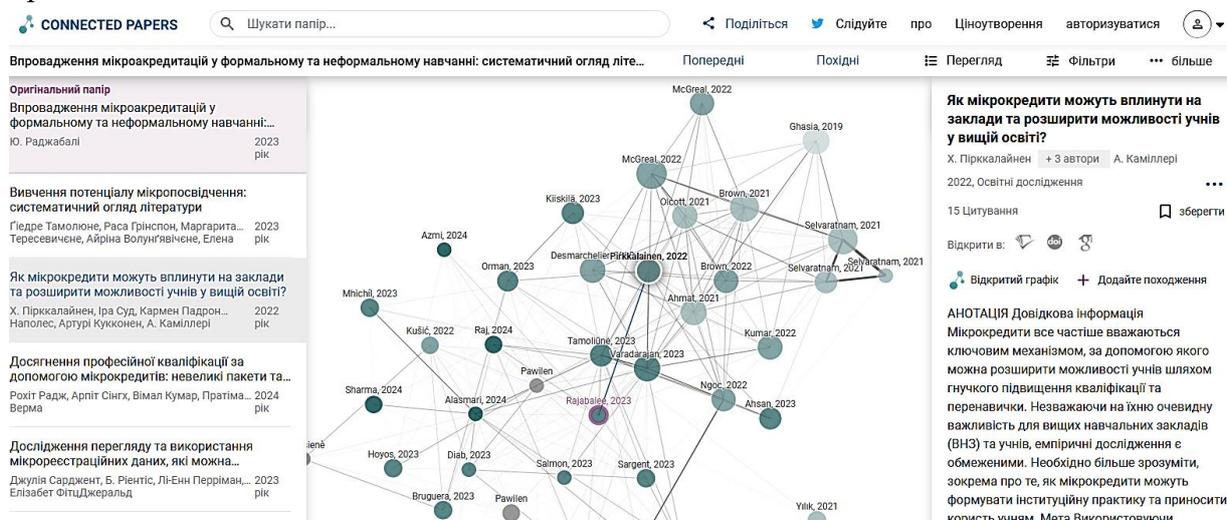


Рисунок 1. Приклад карти візуалізації Connected Papers за запитом «The Implementation of Micro-Credentials in Formal and Informal Learning: A Systematic Literature Review» [4]

## РЕЗУЛЬТАТИ

Аналізуючи результати, одержані шляхом використання вбудованих інструментів Connected Papers, можна виокремити потенціал та основні тенденції (перелік не повний) застосування часткових кваліфікацій у вищій освіті, як от:

- *розширення доступу до навчання*: впровадження часткових кваліфікацій сприяє забезпеченню інклюзивності освіти;
- *розвиток концепції навчання впродовж життя*: впровадження часткових кваліфікацій підтримує безперервне навчання через інтеграцію короткострокових курсів у традиційні освітні програми та сертифікацію вузькоспеціалізованих навичок;
- *розбудова цифрового ландшафту реалізації часткових кваліфікацій через підтримку цифрових платформ доставки контенту* (наприклад, Coursera та EdX), Credly - для цифрової сертифікації, платформ на основі блокчейну для перевірки автентичності сертифікатів; водночас було виокремлено й *виклики визнання та стандартизації*, пов'язані із відсутністю уніфікованих стандартів та потребою синхронізації з цифровими платформами (наприклад, Open Badges).

Оскільки застосування системи часткових кваліфікацій у неформальній освіті набуло значного поширення, заслуговує на увагу огляд платформи Coursera з позиції надання освітніх послуг щодо перекваліфікації чи підвищення кваліфікації в певних галузях. Так, на Coursera, крім окремих MOOC, виділено й спеціалізації (часткові кваліфікації), які містять:

- кілька курсів, що дозволяє замовникам освітніх послуг накопичувати кредити для отримання більшої кваліфікації;
- ефективні системи оцінки та перевірки результатів навчання, оскільки Coursera використовує різні методи для забезпечення якості та перевірки ідентифікації, підвищуючи довіру до своїх мікрокредитів (подано в термінології оригіналу) [5].

The screenshot shows the Coursera interface for the 'Specialization Agile Development' course. At the top, there is a search bar with the text 'Досліджуйте' and a search icon. Below the search bar, the course title 'Спеціалізація Agile Development' is prominently displayed. Underneath the title, there is a brief description: 'Досягніть цінності за допомогою гнучких методів. Оволодіти адаптивним підходом до розробки продукту'. The instructor's name, 'Alex Cowan', is listed. A blue button with the text 'Зареєструватися безкоштовно' and 'Початок 16 листопада' is visible. Below the button, there is a note: 'Спробуйте безкоштовно: зареєструйтеся, щоб отримати 7-денну безкоштовну пробну версію'. A small text indicates 'Доступна фінансова допомога' and '61 167 вже зареєстровано'. At the bottom of the course card, there are five key features: '4 серії курсу' (Get deep knowledge of the subject), '4.7 ★' (2 823 reviews), 'Початковий рівень' (Recommended experience), '1 місяць' (10 hours per week), and 'Гнучкий графік' (Learn at your own pace).

Рисунок 2. Приклад представлення матеріалів набуття часткової кваліфікації  
(джерело: <https://www.coursera.org/specializations/agile-development>)

Одержані дані також свідчать про те, що потенціал запровадження часткових кваліфікацій у вищу освіту можна розкрити в кількох вимірах, наприклад, надати людям більше можливостей для підвищення кваліфікації, перекваліфікації та виходу на ринок праці (економічний контекст), покращення навчання впродовж життя шляхом розробки гнучких особистих шляхів навчання (соціальний контекст), розширення послуг з оцінювання та визнання неформального та неофіційного навчання, зокрема із використанням платформ МООС, а також запровадження суміжних кредитів і попередніх кваліфікацій. Разом з тим, хоча запровадження часткових кваліфікацій пропонує значні переваги з точки зору гнучкості та практичної значущості набутих результатів навчання, їх різні визначення та стандарти визнання створюють проблеми як для суб'єктів освітнього процесу, так і для роботодавців. Ця постійна еволюція в освітньому ландшафті свідчить про те, що подальший розвиток структур, що займаються питаннями організації навчання та підтвердження набутих часткових кваліфікацій, буде важливим для їх ширшого прийняття. А для оцінювання їх життєздатності та ефективності в довгостроковій перспективі необхідні подальші дослідження.

## ПОСИЛАННЯ

- [1] Brown, M., and Mhichil, M. N. C. 2022. Unboxing micro-credentials: an inside, upside and downside view (Descifrando las microcredenciales: en qué consisten, ventajas e inconvenientes). *Culture Educ.* 34, 938–973. doi: 10.1080/11356405.2022.2102293.
- [2] Ha, Nguyen Thi Ngoc, Spittle, Michael, Watt, Anthony and Van Dyke, Melinda. 2022. A systematic literature review of micro-credentials in higher education: a non-zero-sum game. *Higher Education Research and Development*. ISSN 0729-4360
- [3] Connected Papers | Find and explore academic papers. Connected Papers | Find and explore academic papers. URL: <https://www.connectedpapers.com/> (дата звернення: 16.11.2024).
- [4] Yousra Banoor Rajabalee. 2023. The Implementation of Micro-Credentials in Formal and Informal Learning: A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning and Teaching*, Vol. 9, No. 4, pp. 328-336, December 2023. doi: 10.18178/ijlt.9.4.328-336.
- [5] Francisco, Iniesto., R., Ferguson., Martin, Weller., Scott, Farrow., Rebecca, Pitt. 2022. Introducing A Reflective Framework for the Assessment and Recognition of Microcredentials. *OTESSA journal*, doi: 10.18357/otessaj.2022.2.2.37.

**Сергій Саяпін**

Кандидат економічних наук, доцент кафедри  
Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра інформаційних систем і технологій, Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0003-1565-4034  
sayarin@nubip.edu.ua

**Таїсія Саяпіна**

Доктор філософії, доцент кафедри  
Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
кафедра інформаційних систем і технологій, Київ, Україна  
ORCID ID 0000-0001-9905-4268  
t\_sayarina@nubip.edu.ua

## ПЛАТФОРМА ЕЛЕКТРОННОГО ДОРАДНИЦТВА ЯК БАЗИС ВПРОВАДЖЕННЯ AKIS В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Анотація.** Сталій розвиток агропромислового виробництва в Україні неможливий без швидкого розповсюдження сільськогосподарських знань та інформації, впровадження сучасних технологій у виробництво та інтеграції аграрного сектору економіки країни в світову економічну систему. Глобалізація економіки зумовлює аграрний сектор економіки України переходити на міжнародні стандарти, налагоджувати зв'язки з вітчизняними та зарубіжними науковими й інформаційними центрами, використовувати найбільш ефективні інформаційні технології накопичення, обробки та представлення даних. Введення нових технологій, зокрема штучного інтелекту, адаптованого до людського спілкування та орієнтованого на пересічного користувача, може внести нове бачення використання здобутків науки та технології для широкого кола споживачів. Це також є частковим виходом з ситуації з ускладненим доступом до сільськогосподарських дорадчих служб та дорадників, економічною складовою надання дорадчих послуг за безпосередньої участі дорадника, пов'язаною з відсутністю компенсаційних механізмів від держави.

Продовження процесів іфровізації вітчизняного сільськогосподарського дорадчого простору, що ґрунтується на технологіях штучного інтелекту та його інтеграція в загальноєвропейську систему аграрних знань та інновацій у сільському господарстві (AKIS) є однією з пріоритетних задач сьогодення.

**Ключові слова:** електронне дорадництво; цифровізація сільськогосподарського дорадництва, використання штучного інтелекту, AKIS в Україні, платформа електронного дорадництва, спільноти практиків, масштабування дорадчих ресурсів платформи, галузеві дорадчі системи на основі штучного інтелекту.

Досвід розробки та впровадження інформаційно-довідкових ресурсів кафедрою інформаційних систем і технологій НУБіП України у тісній співпраці з ВГО «НАСДСУ» дозволив реалізувати платформу електронного дорадництва [1] як складову цифрової трансформації сільськогосподарського дорадництва в Україні. Завданням розробки ставилося отримання двонаправленої системи трансферу сільськогосподарських знань та інновацій на основі платформи електронного дорадництва як дієвого інструменту впровадження державної аграрної політики, інформаційного забезпечення інноваційного розвитку сільського господарства та сільських територій шляхом впровадження просвітницької діяльності та надання соціально спрямованих дорадчих послуг суб'єктам господарювання на селі і сільському населенню з метою підвищення рівня знань та вдосконалення практичних навичок прибуткового ведення сільського господарства на засадах сталого розвитку. Такі підходи відповідають загальній концепції системи аграрних знань та інновацій у сільському господарстві (AKIS) та її складовим [2,3].

Проте технічний прогрес щодо технологій та інструментів автоматизованої обробки інформації та побудови інтерфейсів для користувача на основі систем штучного інтелекту відкриває нові перспективи залучення цифрових матеріалів (а саме в такому вигляді на сьогодні продукуються результати наукових досліджень та практичного досвіду) без створення системних баз даних із складними зв'язками та неймовірною кількістю їх реалізації при контентному наповненні.

Вже реалізована інфраструктура взаємопов'язаних веб-ресурсів платформи дозволяє за умови авторизації користувача чи дорадника за принципом «єдиного вікна» отримувати інформаційно-дорадчі чи навчальні сервіси на основі реляційної бази даних в середовищі MySQL, як інформаційно-довідкової, так і навчальної складових платформи.

Платформа електронного дорадництва пропонується соціальна мережа фахівців сільського господарства та середовище якісної інформації для сільгоспвиробників, й передбачає використання контенту, який може не мати чіткого відношення до загальної таксономії платформи, або навпаки, мати стосунок до багатьох розділів та підпунктів. Часто це ускладнює самостійний підбір інформації користувачем чи навіть посередництвом навігаційного меню та засобами пошуку. Також вона може виступати інструментом збереження довільного пошуку користувача інформації посередництвом системи штучного інтелекту, ознаки звички до чого вже сформовані відомими системами штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini від Google, Microsoft Copilot AI та інші).

Вибудована в ході досліджень та практичної реалізації інфраструктура веб-ресурсів платформи електронного дорадництва, які взаємно інтегровані між собою, є системним поступом в процесі цифрової трансформації сільськогосподарського дорадництва України та практичного впровадження складових AKIS в Україні.

Проте вибудована інформаційна платформа передбачає контентне наповнення посередництвом адміністраторів складових плаформи та дорадників, шляхом практичних питань-відповідей за участю авторизованих користувачів системи. Але це все передбачає використання людського фактору, який суттєво обмежує кількісні та, часто, якісні показники щодо контенту платформи. Використання вбудованої системи штучного інтелекту дозволить з часом вирішити окреслені проблеми та використати якісні цифрові джерела неструктурованої інформації.

Прикладні системи штучного інтелекту охоплюють широкий спектр завдань у різних галузях. Враховуючи кваліфікаційний рівень можливого користувача платформи, найкраще використовувати AI, що спеціалізуються на обробці природної мови (NLP) та аналізі текстових даних.

Ґрунтуючись на попередньому досвіді, планованим джерелом даних у електронному виступатимуть профільні кафедри НУБіП України на партнерських засадах (використання у науково-дослідному та навчальному процесі дорадчих компонентів на основі AI).

Для вирішення даної задачі доцільно використати систему штучного інтелекту, яка спеціалізується на обробці та аналізі текстових даних, таких як документи у форматах docx, doc, rtf та pdf. Основна мета – створити систему, яка може надавати розгорнуті відповіді на основі аналізу зібраних матеріалів, фактично замінюючи собою сільськогосподарського консультанта.

Для створення системи штучного інтелекту (ШІ), яка може замінити сільськогосподарського консультанта в галузі рослинництва, найкраще використовувати платформи, що спеціалізуються на обробці природної мови (NLP) та аналізі текстових даних. Загалом серед систем, які є на ринку та можуть забезпечують

гнучкі можливості для аналізу текстових даних та створення інтелектуальних консультантів на основі ШІ виокремлюють наступні:

- IBM Watson Discovery;
- Google Cloud Document AI;
- Microsoft Azure Form Recognizer.

Найкращі результати можуть бути досягнуті за допомогою глибокого навчання та машинного навчання, спеціалізованих на обробці текстових та візуальних даних.

Якщо виокремити з загалу сільськогосподарських дорадчих систем на основі штучного інтелекту в різних аграрних частинах світу, які використовують саме накопичену в каталогах цифрову інформацію та обробку природної мови (NLP), то до таких систем варто віднести: Plantix (Germany), FarmBot (Australia), Awhere (USA), Watson Decision Platform for Agriculture (IBM, USA), AgriBot (India), Prospera (Israel), AgVoice (USA).

Зазначені системи використовують передові технології штучного інтелекту для оптимізації різних аспектів сільськогосподарського виробництва, забезпечуючи фермерам інструменти для прийняття обґрунтованих рішень і підвищення ефективності їх діяльності.

Важливою складовою проєкту впровадження є розуміння послідовності, складових та орієнтованої вартості створення подібних сільськогосподарських дорадчих систем на основі штучного інтелекту, зокрема програмного та технічного забезпечення, оцінки часових та людських затрат.

З огляду винесених задач та наявної технічної платформи (Apache с PHP, MySQL з наявними базами даних), які орієнтовані на використання накопиченої в каталогах цифрової інформації та обробку природної мови (NLP) можна запропонувати наступне.

1. Визначення вимог та цілей. Визначення потреб користувачів. Визначення обсягу роботи та функціональних можливостей системи.

2. Збір та оцифрування матеріалів (книги, підручники, довідники, атласи). Форматування даних для подальшого використання (docx, doc, rtf, pdf).

3. Налаштування серверу бази даних (MySQL). Структурування та завантаження даних у базу даних.

4. Вибір архітектури моделі ШІ. Розробка та навчання моделі обробки природної мови (NLP).

5. Інтеграція моделі ШІ з базою даних. Розробка користувацького інтерфейсу. Проведення тестування системи та налагодження.

6. Розгортання системи на сервері. Забезпечення підтримки та оновлення системи.

Вартість і час розгортання такої системи можуть значно змінюватись в залежності від складності проєкту та специфічних вимог. Зокрема в рамках проєкту вже розгорнуто сервер для платформи на базі дата-центру факультету інформаційних технологій НУБіП України. Надання наукових та навчальних матеріалів передбачається на засадах спільного використання платформи ШІ, частково на явне технічне забезпечення в профільних лабораторіях факультету інформаційних технологій НУБіП України.

## **ВИСНОВКИ**

Створення та подальший розвиток інформаційно-навчальної веб платформи для фінансових/кредитних дорадників надав можливість розробити напрямки та підходи до розвитку платформи електронного сільськогосподарського дорадництва, зокрема можливості щодо системного масштабування спільнот практиків зі складовими дистанційного навчання. Вибудувана в ході досліджень та практичної реалізації

інфраструктура веб-ресурсів платформи електронного дорадництва, які взаємно інтегровані між собою, є системним поступом в процесі цифрової трансформації сільськогосподарського дорадництва України та практичного впровадження складових AKIS в Україні на основі сучасних технологій. Передові технології штучного інтелекту відкриває нові перспективи залучення цифрових матеріалів (а саме в такому вигляді на сьогодні продукуються результати наукових досліджень та практичного досвіду) без створення системних баз даних із складними зв'язками та неймовірною кількістю їх реалізації при контентному наповненні, забезпечуючи фермерам оперативне та якісне для підґрунтя для прийняття рішень і підвищення ефективності їх діяльності.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Платформа електронного дорадництва, головний ресурс «Дорада». Дата звернення: 10 листопада 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://edorada.org/uk>
2. AKIS в Україні 10 листопада 2024 [Онлайн]. Доступно: <https://akis-ukraine.com/>
3. ModernAKIS 10 листопада 2024 [Онлайн]. Доступно: <https://modernakis.eu/>
4. Інформаційно-навчальна веб платформа для фінансових/кредитних дорадників. Дата звернення: 10 листопада 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://fk.edorada.org/>
5. Дистанційне навчання фінансових/кредитних сільськогосподарських дорадників. Дата звернення: 10 листопада 2024 [Онлайн]. Доступно: <https://elearn.edorada.org/>
6. Офіційний веб-сайт «Дорада» Всеукраїнської громадської організації «Національна асоціація сільськогосподарських дорадчих служб України». 10 листопада 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://www.dorada.org.ua/uk>

**Олексій Коваль**

Аспірант, кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0009-0004-1210-9852  
o.koval@nubip.edu.ua

**Ігор Болбот**

д.т.н, проф., професор кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0000-0002-5708-6007  
igor-bolbot@nubip.edu.ua

## ВИЗНАЧЕННЯ РЕЛЬЄФУ ПРИ ОБРОБЦІ ПОЛІГОНАЛЬНИХ ДАНИХ ФОРМАТУ GLTF

**Анотація.** У роботі розглядається процес визначення рельєфу поверхні на основі обробки полігональних даних у форматі GLTF. Обґрунтовано вибір формату GLTF для розробки системи оцінки деградованих ґрунтів внаслідок військових дій. Визначено основні переваги GLTF. У роботі запропоновано комплекс методів аналізу, що дає змогу побудувати чітку карту рельєфу.

**Ключові слова:** рельєф, полігональні дані, GLTF, обробка даних.

### 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Обробка тривимірних даних є важливим елементом сучасних технологій у геоінформаційних системах (ГІС), архітектурному проектуванні, моделюванні ландшафтів та інших галузях. Одним із ключових завдань при роботі з тривимірними моделями є точне визначення характеристик рельєфу поверхні, зокрема для ідентифікації нерівностей, таких як вирви чи пагорби. Ця проблема є особливо актуальною в умовах необхідності оцінки деградованих ґрунтів, що постраждали внаслідок військових дій. В даній роботі розглянуто алгоритм використання формату GLTF для обробки полігональних даних з метою побудови карти рельєфу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Формат GLTF (GL Transmission Format) був розроблений консорціумом Khronos Group як ефективний засіб передачі та завантаження 3D-сцен і моделей у додатках реального часу[1]. Він забезпечує компактне зберігання геометричних даних, матеріалів, текстур та анімацій, що робить його зручним для використання в різних галузях, включаючи геоінформаційні системи та моделювання ландшафту. Дослідження показують, що GLTF мінімізує розмір 3D-ресурсів та зменшує час обробки під час виконання, необхідний для розпакування та використання цих ресурсів [2].

**Мета публікації.** Метою роботи є розробка алгоритму для аналізу рельєфу поверхонь шляхом обробки полігональних даних у форматі GLTF. У рамках роботи запропоновано застосування комплексу методів, включаючи аналіз нормалей трикутників, генерацію карти висот, аналіз градієнтів висоти та фільтрацію локальних екстремумів. Очікується, що інтеграція вищенаведених методів дозволить створити деталізовану модель рельєфу з високою точністю та ефективністю.

### 2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Полігональні дані використовуються для представлення об'єктів і поверхонь у вигляді багатокутників, здебільшого трикутників, що дозволяє створювати високоточні тривимірні моделі. Для зберігання та обробки таких даних існують різні формати

файлів, одним із популярних серед них є GLTF, що дає змогу представляти дані рельєфу в вигляді полігональної сітки.

Полігональна сітка - це структура, що складається з взаємопов'язаних багатокутників (найчастіше трикутників), яка використовується для подання тривимірних об'єктів. Сітка з трикутників є універсальною та відносно легкою в обробці. Така структура дозволяє деталізувати поверхню об'єкта за рахунок збільшення кількості трикутників, що важливо для складних поверхонь, наприклад, при моделюванні рельєфу. Серед популярних форматів для зберігання полігональних даних є OBJ, FBX, STL, і як вже згадувалось GLTF.

В рамках розробки системи для оцінки деградованих ґрунтів внаслідок військових дій було обрано формат GLTF. Це рішення обґрунтоване низкою переваг з яких основними є можливість підтримки текстур, кольору та матеріалів, забезпечуючи високу якість візуалізації моделей та можливість їх детального аналізу, JSON-структура GLTF полегшує його парсинг і редагування. Моделі можна легко змінювати програмно, додаючи або видаляючи елементи, що робить GLTF гнучким форматом для розробки[3].

Для виявлення нерівностей на поверхні (вирв і пагорбів) у тривимірній моделі формату GLTF в роботі будуть використані методи описані нижче та представлені на рисунку [3],[4].

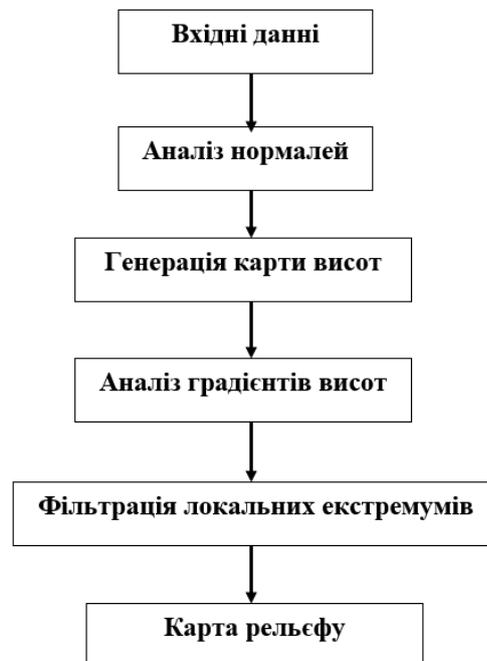


Рисунок 1. Алгоритм обробки полігональних даних для створення карти рельєфу

**Аналіз нормалей трикутників.** Нормалі визначають напрямок кожного трикутника поверхні. Якщо нормалі різко змінюються між сусідніми трикутниками, це свідчить про наявність нерівності. За допомогою обчислення кутів між нормаллями можна ідентифікувати різкі перепади, що вказують на вирви або горби.

**Генерація карти висот.** Перетворення моделі в карту висот дозволяє створити 2D-зображення, де висота кожної точки представлена в градаціях кольору. Потім зображення можна аналізувати для виявлення локальних мінімумів (вирв) і максимальних значень (горбів), що робить оцінку рельєфу зручною і наочною.

**Аналіз градієнтів висоти.** Обчислення градієнтів висоти кожного трикутника або осередку дозволяє виявити області з різким зміною висоти. Цей метод також ефективний для виявлення об'єктів, які виділяються на загальному фоні поверхні, наприклад, вирви після вибухів.

**Застосування фільтрації локальних екстремумів.** Використання алгоритмів фільтрації, наприклад, детекції локальних екстремумів, допомагає автоматично визначати зони з підвищенням або пониженням висоти, характерні для вирв або горбів. Це дозволяє створити загальну модель рельєфу з виділенням ключових нерівностей.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Послідовне використання наведених методів дасть змогу отримати деталізовану карту рельєфу, де кожен метод доповнює один одного. Аналіз нормалей і карта висот формують загальну структуру рельєфу, тоді як градієнти та локальні екстремуми уточнюють його, виділяючи критичні області. Це забезпечує точний і комплексний підхід до візуалізації та аналізу рельєфу, що сприяє більш ефективному оцінюванню нерівностей на поверхні

## ПОСИЛАННЯ

[1] "glTF™ 2.0 specification". <https://registry.khronos.org/>. Дата звернення: 9 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://registry.khronos.org/glTF/specs/2.0/glTF-2.0.html>

[2] "GLTF - GL transmission file format". File Format Docs. Дата звернення: 16 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://docs.fileformat.com/3d/gltf/>

[3] M. Hutter. "glTF tutorial". github. Дата звернення: 9 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://github.khronos.org/glTF-Tutorials/gltfTutorial/>

[4] F. F. F. Asal, "Comparative analysis of the digital terrain models extracted from airborne lidar point clouds using different filtering approaches in residential landscapes", *Advances Remote Sens.*, т. 08, № 02, с. 51–75, 2019. Дата звернення: 12 листоп. 2024. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.4236/ars.2019.82004>

**Олена Глазунова**

доктор педагогічних наук, професор,  
проректор з науково-педагогічної роботи та цифрової трансформації  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID 000-0002--0136-4936  
o-glazunova@nubip.edu.ua

**Валентина Корольчук**

доктор філософії, доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID 0000-0002-3145-8802  
korolchuk@nubip.edu.ua

**Тетяна Волошина**

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
ORCID 0000-0001-6020-5233  
t-voloshina@nubip.edu.ua

## ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ НА ОСНОВІ ШІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС ОНЛАЙН КОМУНІКАЦІЇ

**Анотація.** Зростання кількості компаній, де працівники працюють дистанційно створює для них нові виклики для забезпечення ефективної комунікації та підтримки добробуту працівників в цифровому просторі. Одним із важливих аспектів для керівників компаній є розуміння емоційного стану співробітників, їх уваги та залученості під час віддаленої або гібридної роботи. Здатність виявляти та розуміти емоційний стан співробітників у цифровому середовищі стає критично важливою для забезпечення ефективної роботи команд та підтримки позитивного психологічного клімату в компанії. Дана робота присвячена дослідженню та аналізу функціональних можливостей хмарних сервісів на основі штучного інтелекту (ШІ) для моніторингу та аналізу емоційного стану працівників під час онлайн комунікації та взаємодії. Визначено функціональні можливості: (1) тип даних, що аналізуються; (2) доступність; (3) інтеграція; (4) конфіденційність; (5) масштабованість; (6) зворотний зв'язок. Проаналізовано хмарні сервіси на основі ШІ, такі як MorphCast AI, iMotions Online, Affectiva, FaceReader та Kairos. Застосування таких хмарних сервісів на основі ШІ в компаніях сприятиме підвищенню ефективності онлайн комунікації в умовах дистанційної або гібридної роботи.

**Ключові слова:** штучний інтелект; машинне навчання; хмарні технології; моніторинг емоцій; онлайн комунікація; організаційна психологія.

### ВСТУП

**Постановка проблеми.** Ринок праці зазнає радикальних змін, оскільки в сучасних умовах дистанційна (гібридна) робота та онлайн взаємодія стають нормою. Такий перехід створює як нові можливості, так і значні виклики для роботодавців, а саме налагодження ефективної комунікації та забезпечення добробуту працівників під час роботи працівників у онлайн режимі. Хоча відсутність фізичної присутності ускладнює розуміння міжособистісної взаємодії колективу та своєчасне виявлення потенційних проблем.

Одним із ключових аспектів, який безпосередньо впливає на ефективність роботи є їх емоційний стан. Під час офлайн роботи працівники можуть краще розуміти один одного, враховуючи тон голосу та міміку. В цифровому середовищі часто втрачаються

такі фактори, що призводить до непорозумінь, конфліктів та зниження продуктивності працівників.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Емоційний стан працівників суттєво впливає на ефективність роботи, якість виконання завдань. Саме моніторинг такого стану може мінімізувати ризики, пов'язані з відхиленнями в якості продукції та безпеки виробництва, забезпечуючи точну оцінку емоційного впливу працівників на їхню роботу [2].

Залученість та увага до роботи, задоволеність є критично важливими факторами добробуту в сучасних умовах. У висококонкурентному робочому середовищі працівники з високим рівнем самоконтролю, як правило, працюють краще і відчують менше емоційного виснаження. Результативність, оцінена керівником, опосередковує взаємозв'язок між самоконтролем і емоційним виснаженням, підкреслюючи важливість зворотного зв'язку щодо продуктивності в управлінні емоційними вимогами [1]. Саме тому, **метою публікації** є аналіз хмарних сервісів на основі ШІ для моніторингу емоційного стану працівників під час онлайн комунікації та визначення їх функціональних можливостей, розробка функціональних критеріїв порівняння таких сервісів.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Сучасні рішення, що використовують нейронні мережі та алгоритми розпізнавання емоцій, можуть відстежувати та інтерпретувати емоційні стани в режимі реального часу. Такі системи аналізують вирази обличчя, моделі мовлення, фізіологічні дані та текстове спілкування для класифікації та прогнозування емоційних станів, складати емоційні портфолію та прогнозувати поведінку [2], [4]. В таблиці 1 наведено порівняння наявних хмарних рішень на основі ШІ для моніторингу емоційного стану працівників під час гібридної роботи.

Таблиця

### Порівняння хмарних рішень на основі ШІ для моніторингу емоційного стану працівників

Функціональність	MorphCast AI	iMotions Online	Affectiva	FaceReader
Можливість зчитування емоцій	онлайн-зустрічі, перегляд відео, перегляд веб-сторінки	відео, аудіо	відео, аудіо	відео
Дані, що аналізуються	рівень уваги, залученості, занепокоєння, 7 основних емоцій емоційний ефект	валентність, залученість, 7 основних емоцій, 2 емоції високого рівня: сентиментальність і збентеження	людські емоції, когнітивні стани, дії та об'єкти	рівень уваги, залученості, чуйності, 6 емоційних станів
Доступність	хмарний сервіс, API, десктопна версія	хмарний сервіс	хмарний сервіс, API	хмарний сервіс, десктопна версія
Інтеграція	так	так	так	так
Конфіденційність	високий рівень безпеки даних, дотримання GDPR			

Масштабованість	так	так	так	так
Зворотний зв'язок	так	так	так	так

Здатність керівників розпізнавати емоції відіграє вирішальну роль у захисті працівників від емоційних навантажень. Співробітники, які сприймають своїх керівників як досвідчених у розпізнаванні емоційних станів, відчувають менше психологічного напруження та незадоволення роботою [3].

Отож, проаналізовані хмарні сервіси на основі ШІ для моніторингу емоційного стану мають та підтримують базовий необхідний функціонал. Також, варто зауважити, що багато сучасних рішень підтримують інтеграцію з різними хмарними сервісами та системами, таким чином, необхідну функціональність можна розширити за рахунок використання інших сервісів, отримуючи більш детальний аналіз емоційного стану працівників та покращуючи онлайн комунікацію.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Моніторинг емоційного стану співробітників має важливе значення для підтримки продуктивного та здорового робочого середовища. Впровадження хмарних сервісів на основі ШІ для моніторингу емоційного стану працівників є рішенням, яке дозволяє створити більш гнучке, комфортне та продуктивне середовище для онлайн комунікації, що дозволяє ідентифікувати емоційні стани, увагу та залученість, та сприятиме підвищенню ефективності взаємодії в команді.

## ПОСИЛАННЯ

[1] Quratulain, S., Ejaz, A., & Khan, A. (2021). Do self-monitors experience less emotional exhaustion? Testing the role of supervisor-rated performance and perceived competitive climate. *Journal of Service Theory and Practice*. <https://doi.org/10.1108/JSTP-12-2020-0305>.

[2] Sekin, A., & Bychkova, N. (2021). Designing an Expert System for Recognizing the Emotional State of an Enterprise Employee. *EPJ Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/epjconf/202124803002>.

[3] Tucker, M., Jimmieson, N., & Bordia, P. (2020). Employees' perceptions of their own and their supervisor's emotion recognition skills moderate emotional demands on psychological strain. *Stress and health : journal of the International Society for the Investigation of Stress*. <https://doi.org/10.1002/smi.2919>.

[4] Zhu, C. (2023). Real-Time Monitoring and Assessment System with Facial Landmark Estimation for Emotional Recognition in Work. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i8.7737>.

**Dmytro Zherlitsyn**  
Dr.Sc.(Habil), Professor,  
University of National and World Economy, Sofia, Bulgaria  
ORCID: 0000-0002-2331-8690  
d.zherlitsyn@unwe.bg

## INTEGRATING SCIENTIFIC ENTREPRENEURSHIP WITH DIGITAL TRANSFORMATION STRATEGIES FOR SMES

**Abstract.** This article examines the critical role of scientific entrepreneurship in driving innovation and economic growth, focusing on small and medium-sized enterprises (SMEs). The author discusses how scientific entrepreneurship accelerates the commercialisation of the results and a wide range of innovations by combining research expertise with business applications. Key activities in this area include research and development, collaborative and commercialisation research, resource management, business consultancy and providing funding opportunities. The article also examines the critical role of academic institutions in facilitating innovation that enhances the digital skills crucial for maintaining SMEs' competitiveness. The conclusion is that targeting regions with underdeveloped digital markets for IT adoption can significantly unlock the potential of scientific entrepreneurship. The author highlights the strategic need for adaptability and integration of digital innovation into business practices for future economic competitiveness.

The intersection of social impact and academia has played a crucial role in education by driving the integration of entrepreneurship into academic settings to meet the demands of a market economy. This shift is exemplified by institutions like the Massachusetts Institute of Technology (MIT), which emphasises innovation models over traditional education systems. This focus has led to the development of notable IT projects like Dropbox.

"Scientific entrepreneurship" is a methodological framework that utilises research expertise and methodologies to advance applied research and support business projects. Its primary goals include the swift adoption and commercialisation of various innovations. Critical activities in scientific entrepreneurship encompass research and development, collaborative research and commercialisation, resource management, business consulting, and training, all aimed at creating practical, market-ready innovations. This approach ensures that scientific findings are not merely theoretical but are actively applied to develop real-world solutions and support economic development.

This paper focuses on the role of scientific entrepreneurship in enhancing digital innovation in small and medium-sized enterprises (SMEs). It aims to identify opportunities for digital innovation, assess the impact of academic institutions' support for SMEs, and offer policy recommendations to promote sustainable growth and enhance competitiveness in the digital economy.

Scientific entrepreneurship plays a crucial role in fostering innovation, but it's important to understand the broader competitive environment that includes various institutions and mechanisms essential for innovation adaptation and implementation.

Key contributors include Corporate R&D Departments, Experimental Development? Large Corporations, Universities, Government Research Agencies, Consulting Firms, and Independent Researchers. Each player has unique strengths: Corporate R&D leverages resources for applied innovations, while individual entrepreneurs offer flexible, cost-effective solutions despite higher risks. Government agencies and consulting firms provide foundational research and specialised services that drive social impact. Applying research to commercial opportunities in scientific entrepreneurship is particularly impactful in the SME sector, where digital tools are vital for competitiveness. This growing need has spurred the demand for educational services focusing on enhancing digital skills.

The supply of educational entrepreneurship services, particularly digital skills, is crucial in scientific entrepreneurship. A comparative analysis highlights key educational providers

like Coursera and Udemy, which democratise education by offering affordable and accessible programs for skill development. Industry leaders such as Amazon AWS offer targeted programs in Data Analytics, addressing the demand for digital specialists and providing comprehensive certification paths. In contrast, university degrees in Data Analysis and Digital Marketing offer structured learning but can be cost-prohibitive for SMEs and individuals. The analysis emphasises the vital role of universities and research institutions in adapting to changing market dynamics, ensuring their relevance amid the growing influence of digital platforms.

The results of Clustering "European: Digital Single Market—Promoting" in Selected Countries Post-COVID-19 offer valuable insights. The implementation of digital innovation significantly accelerated, highlighting the pressing need for innovation within the European Union's Digital Single Market to facilitate adaptation.

Two distinct trends emerge from the analysis:

1. The first cluster (19 counties in the European region) is defined by the "Digital Single Market-Promoting" metric, which rose to an impressive 90% by the end of 2022. This cluster shows relatively modest growth dynamics, with annual increases ranging from 2% to 5%. Despite the slower growth rate, it indicates a mature and stable integration of digital tools and practices.

2. The second cluster, highlighted in green (Romania, Bulgaria, Türkiye, Cyprus, Hungary, Slovakia, Italy and Latvia), consists of countries with an average annual growth rate of 10%, although their "Digital Single Market - Promoting" metric remains below 80%. Despite lower overall digital integration, these countries show considerable potential and a strong capacity to meet the growing demand for scientific entrepreneurship. The upward trend in these nations suggests they are quickly catching up and could become significant players in the future digital economy.

Targeting the green-cluster countries as strategic locations for implementing IT technologies within Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) is highly recommended. This approach will unlock untapped potential and promote the growth of scientific entrepreneurship in regions ready for significant digital advancement.

As we explore the process of adapting to digital innovation, it is crucial to understand the complex interconnections of elements required to tailor these innovations specifically for SMEs. This understanding provides a clear framework for successful adaptation in today's digital landscape.

The Industry 4.0 Business Models Block features complex frameworks and tools for digital and big data environments. To function effectively, these resources require specialised digital skills, such as data analysis models and web-based visualisation tools. Universities and research institutions play a crucial role in management processes across various domains, including logistics, business processes, resource management, sales, and marketing. These areas are often the focus of research initiatives, highlighting their importance in driving digital innovation. However, many of these advanced components are beyond the capabilities of typical SME personnel to manage independently. This limitation creates a growing demand for scientific entrepreneurship, particularly during adapting digital innovations and integrating complex managerial processes. SMEs can address this gap by emphasising scientific entrepreneurship, ensuring that digital innovations are adopted and seamlessly integrated into their operations for optimised performance.

## CONCLUSIONS

The paper emphasizes the crucial role that scientific entrepreneurship plays in driving innovation, particularly in Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). The dynamic nature of the global market, combined with rapid technological advancements, requires a proactive

and competitive approach to scientific entrepreneurship. By strategically leveraging research expertise, fostering interdisciplinary collaboration, and exploring commercialization pathways, scientific entrepreneurship has become a vital mechanism for converting scientific knowledge into marketable solutions.

The market for scientific entrepreneurship services is increasingly tailored to meet the specific needs of SMEs, which often need more resources and expertise to navigate complex digital transformations. This alignment is essential, as SMEs make up a significant portion of the economy, and their ability to adopt innovative solutions directly affects broader economic growth.

Less developed digital markets present substantial opportunities for scientific entrepreneurship. These regions are poised for accelerated growth and digital advancement. Targeting these areas for implementing IT technologies and digital innovation initiatives could unlock significant untapped potential, creating an environment where scientific entrepreneurship can flourish.

Academic and scientific institutions play a vital role in this landscape. Their responsibilities extend beyond traditional research and education; they serve as incubators for innovation, providing essential support for skill development, project management, and commercialising scientific breakthroughs. Through collaborative efforts with industry, these institutions are well-positioned to bridge the gap between theoretical research and practical application, particularly within SMEs.

## REFERENCES

- [1] Eurostat, "Science, technology, and digital society," Eurostat, Statistical themes. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/statistical-themes#science-technology-digital-society>. [Accessed: Oct. 26, 2023].
- [2] H. Fidlerova, N. Vranakova, A. Starecek, and P. Bajdor, "Bibliometric analysis: Interconnections between sustainability and entrepreneurship," *MM Science Journal*, vol. 2023, no. December, pp. 7124–7130, 2023. doi: 10.17973/MMSJ.2023\_12\_2023130.
- [3] C. Hayter, B. Fischer, and E. Rasmussen, "Becoming an academic entrepreneur: How scientists develop an entrepreneurial identity," *Small Business Economics*, vol. 59, pp. 1–19, 2021. doi: 10.1007/s11187-021-00585-3.
- [4] M. Khelfaoui and L. Bernier, "Research and technology organizations as entrepreneurship instruments: The case of the Institut National d'Optique in the Canadian optics and photonics industry," *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 12, no. 1, art. no. 52, 2023. doi: 10.1186/s13731-023-00321-z.
- [5] M. Kuzheliev, D. Zherlitsyn, A. Nechyporenko, S. Lutkovska, and H. Mazur, "Distance learning as a tool for enhancing university academic management processes during the war," *Problems and Perspectives in Management*, vol. 21, no. 2, pp. 23–30, 2023. doi: 10.21511/ppm.21(2-si).2023.04.
- [6] B. Ramdani, S. Raja, and M. Kayumova, "Digital innovation in SMEs: A systematic review, synthesis and research agenda," *Information Technology for Development*, vol. 28, no. 1, pp. 56–80, 2021. <https://doi.org/10.1080/02681102.2021.1893148>.
- [7] H. Rothe, K. B. Lauer, C. Talbot-Cooper, and D. J. Sivizaca Conde, "Digital entrepreneurship from cellular data: How omics afford the emergence of a new wave of digital ventures in health," *Electronic Markets*, vol. 33, no. 1, art. no. 48, 2023. doi: 10.1007/s12525-023-00669-w.

## SECTION 5. AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES, ROBOTICS, ARTIFICIAL INTELLIGENCE/АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ, РОБОТОТЕХНІКА, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

### **Віталій Лисенко**

Д.т.н., професор

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-5659-6806>

[lysenko@nubip.edu.ua](mailto:lysenko@nubip.edu.ua)

### **Микола Доля**

Д.т.н., професор

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет захисту рослин, біотехнологій та екології, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-0458-9695>

[mykola.dolia@nubip.edu.ua](mailto:mykola.dolia@nubip.edu.ua)

### **Тарас Лендел**

К.т.н., доцент

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-6356-1230>

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

### **Катерина Наконечна**

К.е.н., доцент

Місце роботи: Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет інформаційних технологій, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-1537-7201>

[nakonechna@nubip.edu.ua](mailto:nakonechna@nubip.edu.ua)

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ УРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

**Анотація.** Запропоновано новий метод комплексної оцінки прогнозу урожайності та якості врожаю пшениці озимої *як основа для майбутньої автоматизації в обслуговуванні вирощування цієї зернової культури*. Для цього використовуються результати багаторічних спостережень та математична модель на основі штучної нейронної мережі із структурою «багатошаровий перцептрон». Зазначене формує показники щодо застосування їх у моделях із визначенням факторів та умови для попереднього і з високою надійністю планування різноманітних технологічних операцій, що супроводжують процес вирощування пшениці озимої, а це, у свою чергу, - ефективно використовувати фінанси, матеріальні ресурси, сприяти покращенню екологічної ситуації на виробничих посівах.

**Ключові слова:** якість врожаю, нейронна мережа, багатошаровий перцептрон, Лісостеп України, похибка прогнозу, енергоємність, вміст білку, вміст клейковини.

### 1. ВСТУП

Лісостепова зона України – зона широкого поширення пшениці озимої. Важливо завчасно мати надійну інформацію щодо можливих урожайності та якості врожаю цієї рослинної культури, що сприятиме проведенню своєчасних та ефективних сервісних операцій (обробіток ґрунту, внесення підживлення, боротьба зі шкідниками і

хворобами). Усі ці операції дорого вартісні та потребують серйозного фінансового планування.

Сучасні високотехнологічні процеси будь яких країн, у тому числі й України, використовують різноманітні системи автоматизації процесу аналізування цих закономірностей. І прогнозування при цьому відіграє важливу роль, оскільки є основою для автоматизації організаційної діяльності будь-якої структури. Прогнозування майбутньої урожайності та якості врожаю, на наш погляд, є фундаментом всього процесу вирощування пшениці озимої, оскільки на ранніх етапах дозволяє зробити аналітичний висновок про доцільність вирощування високого врожаю зерна.

**Постановка проблеми.** Сучасні високотехнологічні процеси будь яких країн, у тому числі й України, використовують різноманітні системи автоматизації процесу аналізування цих закономірностей. І прогнозування при цьому відіграє важливу роль, оскільки є основою для автоматизації організаційної діяльності будь-якої структури. Прогнозування майбутньої урожайності та якості врожаю, на наш погляд, є фундаментом всього процесу вирощування пшениці озимої, оскільки на ранніх етапах дозволяє зробити аналітичний висновок про доцільність вирощування високого врожаю зерна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [1] ми досліджували впливи на урожайність окремих культур різноманітних природних факторів, чисельності шкідників. Проте, при цьому не бралась до уваги технологія вирощування культури та не оцінювалась якість її урожаю.

Вважаємо, що технологія вирощування, і зокрема, системи ведення рослинництва як окремі фактори впливу, заслуговують на особливу увагу, оскільки в структурі собівартості врожаю займає суттєву частку витрат, а тому в моделях прогнозування майбутніх витрат і можливого прибутку повинна враховуватись в обов'язковому порядку.

**Мета публікації.** Метою є розробка методу прогнозування урожайності та якості врожаю пшениці озимої з використанням технології штучного інтелекту.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Багаторічні дослідження [1, 4] дозволили нам обґрунтувати вибірку даних та їх аналіз щодо впливу на урожайність та вміст клейковини і білку пшениці озимої для Лісостепу України таких природних факторів як тривалість сонячного сяйва, середньорічна температура, сума опадів, середньорічна відносна вологість повітря та типів технології вирощування (традиційної енергозатратної, що поширено застосовується в Україні, та енергозберігаючої).

## 3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для прогнозування якості врожаю використовуються принципи технології штучного інтелекту.

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо з джерел [2, 3] за умов наявності інформаційної невизначеності рекомендується для побудови моделей прогнозування, у тому числі й урожайності пшениці озимої та якості зерна сучасних сортів, використовувати штучні нейронні мережі [2, 3]. Набутий нами досвід дозволяє зупинитись на структурі таких мереж як «багатошаровий перцептрон» з 5 прихованими шарами».

Матеріали досліджень свідчать, що вхідними факторами в моделі нейронної мережі є значення параметрів навколишнього середовища та енергоємність технології за роками. Зауважимо, що частина вибірки використовувалась для навчання нейронної

мережі, а інші для контролю та самого прогнозування. Результати такого прогнозування для зони Лісостепу України за умов застосування традиційної енергозатратної технології моделюються на рис. 1.

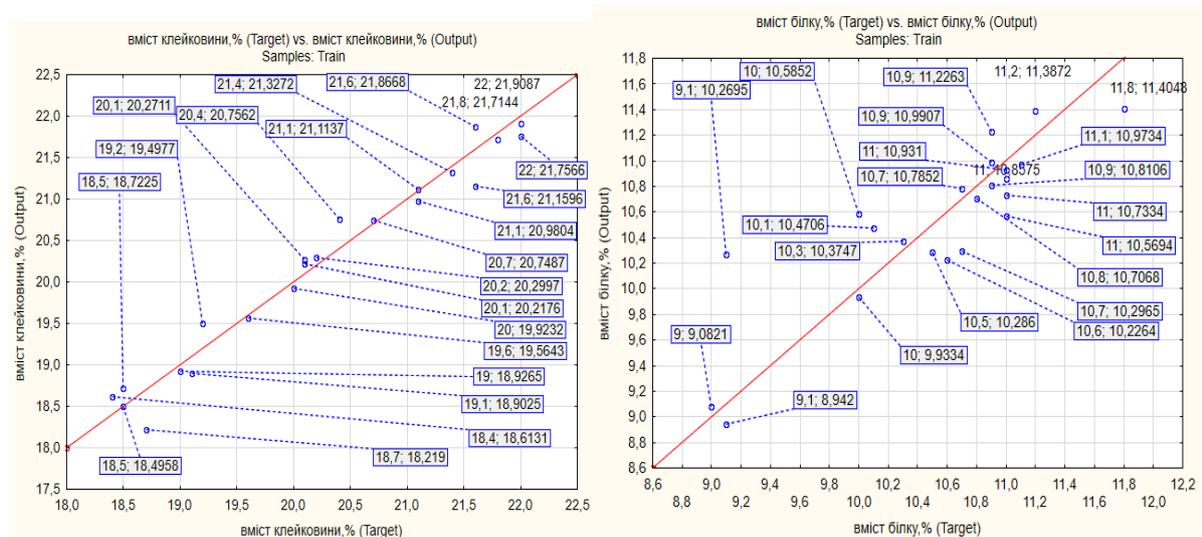


Рисунок 1. Результати прогнозування якості зерна пшениці озимої за роками для зони Лісостеп України за умов використання традиційної енергозатратної технології (вміст клейковини – похибка не перевищує 4%; вміст білка – похибка не перевищує 10%)

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз впливу природних факторів на урожайність та показники якості зерна пшениці озимої для зони Лісостепу України підтвердив їх розподіленість згідно нормального закону. При цьому значення лінійних коефіцієнтів кореляції між факторами впливу та відповідними вихідними величинами, значення коефіцієнта детермінації свідчать про наявність інформаційної невизначеності. Зазначене створює умови для прогнозування урожайності пшениці озимої та якості зерна цієї культури використовувати математичні моделі штучних нейронних мереж зі структурою «багатошаровий перцептрон з 5 прихованими шарами». Помилка прогнозування при цьому за роками не перевищує 8 - 10%.

## ПОСИЛАННЯ

1. Dolia, M., Lysenko, V., Lendiel, T., Nakonechna, K., & Humeniuk, L. (2024). Neuron network prediction of damage of *E. integriceps* bug on winter wheat in Ukraine. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(4),96-105. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.96>
2. Злобін, О. С. (2023). ОГЛЯД АЛГОРИТМУ ЗАСНОВАНОМУ НА МЕТОДІ «НЕЙРОННА МЕРЕЖА ХОПФІЛДА». *Science*, (3), 26.
3. Korobiichuk, I., Lysenko, V., Reshетиuk, V., Lendiel, T., & Kamiński, M. (2017). Energy-efficient electrotechnical complex of greenhouses with regard to quality of vegetable production. In *Recent Advances in Systems, Control and Information Technology: Proceedings of the International Conference SCIT 2016, May 20-21, 2016, Warsaw, Poland* (pp. 243-251). Springer International Publishing.
4. Leybourne, Daniel & Storer, Kate & Berry, P. & Ellis, S.A.. (2021). Development of a pest threshold decision support system for minimising damage to winter wheat from wheat bulb fly, *Delia coarctata*. 10.1101/2021.03.13.435242.

**Роман Поліщук**

Аспірант

Місце роботи: Міністерство енергетики України, НУБіП України, Київ

*polishchuk.r@nubip.edu.ua*

**Сергій Шворов**

доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та робототехнічних систем

ім.академіка І.І. Мартиненка

Місце роботи: НУБіП України, Київ

*sosdok@nubip.edu.ua*

## ВІДНОВЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ У КРИЗОВИХ УМОВАХ: ВІЙСЬКОВІ ЗАГРОЗИ ТА ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Анотація:** у зв'язку зі зростаючою кількістю військових атак на критичну енергетичну інфраструктуру України стабільність електропостачання стає важливою задачею національної безпеки. При цьому підвищуються вимоги до інформатизації відновлювальних процесів у розподільчих мережах, що зазнали впливу від кризових ситуацій. Тому, актуальною проблемою є розроблення комплексної системи оперативного моніторингу, яка об'єднує інтелектуальні системи моніторингу з розподіленими джерелами генерації з алгоритмами машинного навчання для аналізу й реагування на пошкодження мереж у реальному часі.

**Ключові слова:** інтелектуальні системи моніторингу; розподілена генерація; Big Data; машинне навчання; цифрові технології.

### 1. ВСТУП

Зростання кількості військових атак на енергетичну інфраструктуру України створює значні виклики для забезпечення стабільного постачання електроенергії. Напади на трансформаторні підстанції, лінії електропередач та системи управління викликають масові відключення, що впливають як на критичну інфраструктуру (лікарні, водоканали, системи зв'язку), так і на побутових споживачів. Для подолання цих викликів необхідно впроваджувати сучасні інтелектуальні системи моніторингу, які забезпечують оперативне реагування на аварії та точну діагностику пошкоджень.

Попередні дослідження [1], [2] показали ефективність використання Big Data для аналізу великих масивів даних про стан енергомереж. Однак залишаються невирішеними питання інтеграції цих технологій із розподіленими джерелами генерації та алгоритмами прогнозування. Таким чином, виникає необхідність розробити комплексну систему, яка поєднує моніторинг, аналіз і автоматизацію відновлення.

Мета публікації: дослідити та оптимізувати комплексну систему оперативного моніторингу відновлення розподільчих мереж у військових умовах, інтегруючи системи штучного інтелекту для підвищення надійності та скорочення часу відновлення.

### 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ

Розвиток сучасних енергетичних мереж базується на концепції інтелектуальних мереж (Smart Grid), яка передбачає інтеграцію цифрових технологій для забезпечення стабільності, ефективності та гнучкості енергосистем [1]. Основою для інтелектуального моніторингу є впровадження сенсорних мереж (IoT) та технологій

великих даних (Big Data), які забезпечують швидкий збір, обробку та аналіз інформації про стан мережі.

Інтелектуальні системи моніторингу поєднують апаратні та програмні засоби для аналізу параметрів електромережі. Вони включають сенсори, розташовані на критичних елементах мережі, таких як трансформатори, підстанції та лінії електропередач. Дані, отримані з сенсорів, передаються на централізовані сервери, де обробляються за допомогою алгоритмів машинного навчання. Такі системи дозволяють своєчасно виявляти аномалії, наприклад, перевантаження або ризику відмов, і оперативно реагувати на них [2].

Технології Big Data дозволяють обробляти великі обсяги даних у реальному часі, що є критичним для прогнозування відмов та оптимізації роботи енергомереж. Завдяки алгоритмам аналізу кореляційних залежностей можна виявляти приховані взаємозв'язки між різними параметрами мережі, наприклад, між температурою обладнання та ймовірністю його виходу з ладу [3].

Інтеграція розподілених джерел генерації, таких як фотоелектричні системи, вітрові турбіни та когенераційні установки, дозволяє зменшити залежність від централізованих джерел енергії. У кризових умовах, коли основні лінії передачі пошкоджені, мікромережі з розподіленою генерацією забезпечують безперебійне постачання енергії для критично важливих об'єктів [4].

Застосування алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) у відновленні енергомереж передбачає побудову прогнозних моделей для оцінки ймовірності відмов. Завдяки навчання на історичних даних ці алгоритми можуть передбачати найбільш вразливі елементи мережі, допомагаючи бригадам оптимізувати маршрути та швидше реагувати на аварії. В умовах багатофакторних криз, таких як одночасні військові атаки та перевантаження мережі, системи ШІ значно скорочують час прийняття рішень [5].

### **3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Методи: дослідження базується на використанні мережевих сенсорних систем, що збирають інформацію про параметри мережі, таких як напруга, струм та частота, а також на використанні алгоритмів машинного навчання для прогнозування та виявлення відмов. Використані дані обробляються системами Big Data, що дозволяє швидко визначити пошкоджені ділянки. Крім того, застосовано концепцію розподіленої генерації для створення автономних мікромереж, здатних підтримувати енергопостачання критично важливих об'єктів до завершення основних ремонтних робіт.

### **4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Наукова новизна полягає в розробці комплексної системи інтелектуального моніторингу для підвищення надійності електричних мереж в умовах кризових ситуацій та включає:

- Розробку нових методів прогнозування відмов із використанням штучного інтелекту, які дозволяють своєчасно діагностувати критичні ситуації та забезпечувати попереджувальне технічне обслуговування.

- Розроблення нових автоматизованих систем моніторингу для самостійного реагування на аварійні ситуації, що мінімізує людський фактор у процесі управління відновленням мережі.

- Удосконалення та застосування нових методів кіберзахисту в інтелектуальних системах моніторингу, що знижує ймовірність зовнішніх впливів на критичну

інфраструктуру та забезпечує стабільність енергопостачання навіть в умовах високих загроз.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблення комплексної системи оперативного моніторингу відновлення розподільчих мереж та впровадження інтелектуальних технологій моніторингу в електричні мережі дозволить значно підвищити їхню надійність та стійкість до кризових ситуацій. Використання алгоритмів штучного інтелекту для діагностики та прогнозування відмов забезпечить ефективне попереджувальне обслуговування, а інтеграція великих даних буде сприяти більш глибокому аналізу й оптимізації роботи мережі. Такий підхід є важливим для мінімізації фінансових та соціальних втрат у кризових ситуаціях та покращенню стабільності та безпеки енергетичної інфраструктури України.

## ПОДЯКИ

Автори висловлюють щире подяку працівникам енергетичних компаній України, зокрема "Укренерго", "ДТЕК", Оператори системи розподілу та іншим регіональним операторам, які щодня виконують надскладну роботу з відновлення енергетичної інфраструктури. У найскладніших умовах військових загроз ці фахівці докладають максимум зусиль для забезпечення стабільного постачання електроенергії, відновлення пошкоджених мереж і підтримки критично важливих об'єктів. Їхня відданість і професіоналізм є фундаментом енергетичної безпеки країни та надихають на подальші наукові дослідження у сфері стійкості енергосистем.

Ця робота присвячується їхній незламності та сміливості.

## ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)

1. Li, Y., Wang, J., & Xu, Q. (2021). *Artificial Intelligence for Predictive Maintenance in Power Distribution Systems*. *IEEE Access*, 9, 13456-13468.
2. Ahmed, K., & Ramachandran, P. (2022). *Big Data Analytics for Enhancing Resilience in Electric Power Systems*. *Energy Reports*, 8, 1172-1184.
3. Wong, M., & Chang, L. (2023). *IoT Integration in Smart Grids: Prospects for Prediction and Management*. *Journal of Smart Grid Research*, 15(2), 89-105.
4. Santos, M., & Rivera, C. (2020). *Cybersecurity in Smart Grids: Protecting Critical Infrastructure During Crises*. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 123, 106249.
5. Carter, D., & Lee, S. (2023). *Machine Learning Algorithms for Automating Power System Restoration Processes*. *Energy AI Journal*, 12(4), 225-240.

### **Іван Савченко**

Аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Навчально-науковий інститут енергетики, автоматизації та енергозбереження, кафедра автоматизації та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, м. Київ, Україна.

0009-0005-5299-6051

*i.savchenko@nubip.edu.ua*

### **Ігор Болбот**

Доктор технічних наук, професор, декан факультету інформаційних технологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет інформаційних технологій, м. Київ, Україна.

0000-0002-5708-6007

*igor-bolbot@nubip.edu.ua*

## **ПРОМИСЛОВІ РОБОТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РОСЛИН**

**Анотація.** У статті проведено огляд сучасних роботизованих систем для моніторингу та збору врожаю в аграрному секторі. Розглянуто переваги м'яких захватів, графічних інтерфейсів для дистанційного керування роботами та мобільних платформ для промислових теплиць. Висвітлено використання платформи ROS для інтеграції технічних засобів і перспективи застосування неймереж для автоматичного розпізнавання елементів рослин.

**Ключові слова:** робототехніка; моніторинг рослин; автоматизація; нейронні мережі.

### **1. ВСТУП**

Однією з найважливіших робочих частин роботизованих систем при збиранні фруктів і овочів є захват, який дозволяє акуратно виймати фрукти. Огляд м'яких ручок подано в статті іспанських дослідників Navas та ін. (2021) [1]. М'які захвати є найбільш підходящим рішенням для збирання цінних культур, мінімізуючи механічні пошкодження та забезпечуючи максимальну вартість продукту на ринку.

### **2. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Графічний інтерфейс користувача для дистанційного керування універсальним роботом у польових умовах представлений у статті японських дослідників Капон та ін. (2023) [2]. У цій статті також розповідається про розробку конструкції електротранспорту (колісний і гусеничний варіанти), призначеного для вивезення врожаю винограду. У цій конструкції оператор-людина може керувати роботом через інтерфейс і вибирати систему пересування, кінцева мета полягає в тому, щоб транспортний засіб вибрав систему пересування на основі даних датчиків, зібраних під час роботи.

Авторами статті Lysenko та ін. (2022) [3] запропоновано структуру системи управління врожаєм промислової теплиці, до складу якої, крім традиційних компонентів, входить мобільний робот для фітомоніторингу. Розроблено алгоритм керування та програмне забезпечення для його використання, розроблено мобільний бот для фітомоніторингу в промислових теплицях на основі використання програмних середовищ Node-RED та Processing/Wiring. Авторами запропоновано механізм взаємодії різнорідних технічних засобів у складі мобільного фітомоніторингового робота з використанням гнучкої платформи ROS, це створює умови для забезпечення клієнт-серверної архітектури мобільного робота та рівномірного розподілу

обчислювальної потужності. Вимірювальний комплекс можна використовувати в промислових теплицях з максимальною дальністю надійного цифрового сигналу до 282 метрів.

Автори статті Zheng та ін. (2023) [4] досліджували механічні властивості томатів для конструкції робочого органу збирального робота. Дослідження показали, що при збиранні помідорів у напівстиглому стані і після нього слід приділяти увагу обрізанню плодоніжки. Експерименти на стиснення проводили на помідорах і виявили, що на тій самій стадії дозрівання сила осьового стиснення томатів була більшою, ніж сила радіального розриву. Напрямок захоплення осьовий, що може бути використано як новий напрямок при проектуванні конструкції робочого органу. Китайські дослідники Qi та ін. (2022) [5] провели аналіз продуктивності та оптимізацію перемикання режимів керування сільськогосподарським чотириколісним мобільним роботом. Оптимальна комбінація для повороту чотирьох коліс MMS під кутом  $15^\circ$  становила 3,96 В при 56 об/хв-1, тоді як оптимум  $30^\circ$  становив 4,35 В і 72 об/хв-1 і 5,50 В і 107 об/хв під кутом  $45^\circ$  відповідно. У процесі кластеризації різних рядків культур за допомогою порогового алгоритму DBSCAN було отримано такі результати, які ілюструються на Рисунку 1. На рисунку показано результати класифікації для капусти, кольрабі та даних досліджень Shi та ін. (2023) [6]

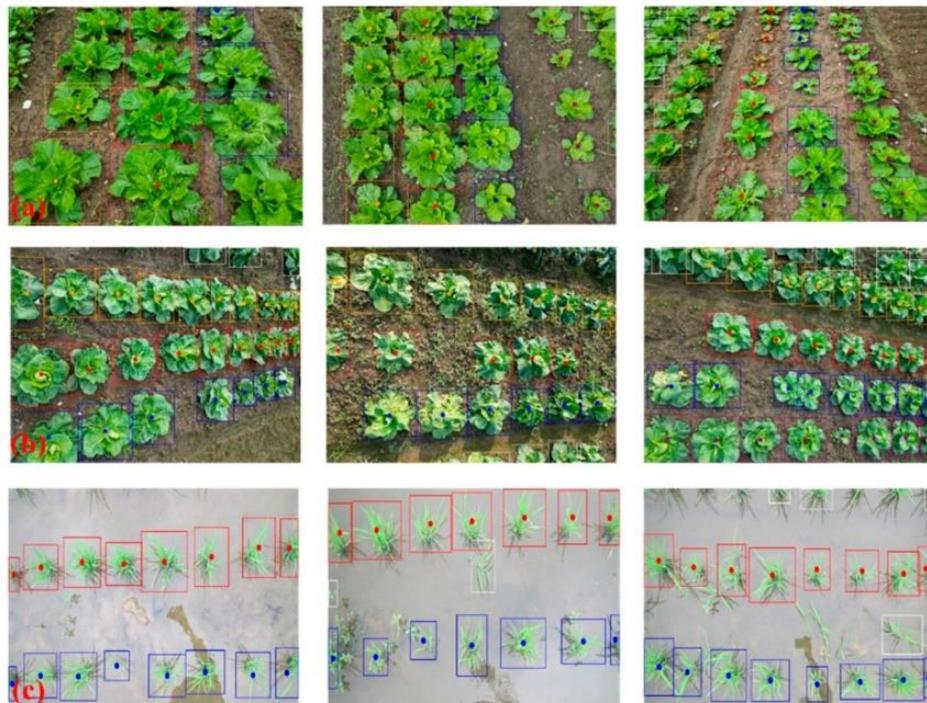


Рисунок 1. Результати кластеризації різних рядків культур на основі порогового алгоритму DBSCAN: (а) капуста; (б) кольрабі; (с) Shi та ін., (2023) [6]

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Таким чином, на даному етапі роботи було огляд існуючих роботизованих і інтелектуальних систем у агрономії. Подальшими дослідженнями буде аналіз застосування різних типів нейромереж для розпізнавання елементів рослинних насаджень (квітів, плодів та листя).

## **ПОСИЛАННЯ**

- [1] Navas, E. et al. (2021) Soft grippers for automatic crop harvesting: A Review, MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/s21082689>
- [2] Kamon, S. et al. (2023) A new reconfigurable agricultural vehicle controlled by a user graphical interface: Mechanical and electronic aspects, MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/machines11080795>
- [3] Lysenko, V. et al. (2022) Program implementation of Mobile phytomonitoring work, Machinery & Energetics. URL: [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(1\).2022.5-10](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(1).2022.5-10)
- [4] Zheng, S. et al. (2023) Study on mechanical properties of tomatoes for the end-effector design of the Harvesting Robot, MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture13122201>
- [5] Qu, J. et al. (2022) Performance analysis and optimization for steering motion mode switching of an agricultural four-wheel-steering mobile robot, MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112655>
- [6] Shi, J. et al. (2023) Multi-crop navigation line extraction based on improved Yolo-V8 and threshold-DBSCAN under complex agricultural environments, MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture14010045>

**Микола Правілов**

Аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ енергетики, автоматички і енергозбереження, кафедра Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0009-0000-0100-0553

*m.pravilov@nubip.edu.ua*

**Микола Кіктєв**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ енергетики, автоматички і енергозбереження, кафедра Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0001-7682-280X

*nkiktev@ukr.net*

**Олексій Опришко**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

Національний університет біоресурсів і природокористування України, ННІ енергетики, автоматички і енергозбереження, кафедра Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, м. Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0001-6433-3566

*ozon.kiev@nubip.edu.ua*

## МОЖЛИВОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРЕМІКСІВ

**Анотація.** У роботі запропоновано інтелектуальну систему контролю якості вхідної сировини для виробництва преміксів із використанням комп'ютерного зору та згорткових нейронних мереж. Система аналізує зображення солі, оцінюючи гранулометрію та наявність комків. Для підготовки моделі застосовано OpenCV і TensorFlow, а також методи аугментації даних (повороти, зсуви, зміна яскравості). Розроблене рішення забезпечує ефективний автоматизований контроль якості сировини.

**Ключові слова:** контроль якості, премікси, комп'ютерне бачення, нейронні мережі, TensorFlow, OpenCV.

### ВСТУП

**Постановка проблеми.** Виробництво преміксів є важливою складовою агропромислового комплексу, спрямованою на підвищення якості комбікормів для тварин та птиці. Однією з основних складових преміксів є поварена сіль, яка повинна відповідати суворим стандартам за такими параметрами, як гранулометрія, однорідність текстури та відсутність комків. Наявність дефектів, таких як підвищена вологість або неоднорідність, може суттєво впливати на стабільність рецептури та якість кінцевого продукту.

Оцінка якості сировини традиційно здійснюється вручну, що може бути неефективним через людський фактор. Використання інтелектуальних систем автоматичного контролю дозволяє забезпечити точність, швидкість і незалежність від суб'єктивного впливу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження автоматизованих систем керування та оптимізації виробничих процесів є актуальними у контексті розвитку агропромислового комплексу. У роботі [1] розглянуто програмне забезпечення для розрахунку рецептур комбікормів, що базується на математичних алгоритмах. Аналіз

ресурсів для створення преміксів у Східній Європі представлено в [2], [3]. Однак, питання автоматизованого контролю якості сировини з використанням методів комп'ютерного зору та нейронних мереж залишається недостатньо розробленим.

**Мета публікації.** Метою цього дослідження є оцінка можливості застосування нейронних мереж і методів комп'ютерного зору для автоматизованого контролю якості повареної солі у виробництві преміксів. Дослідження спрямоване на визначення ефективності згорткових нейронних мереж для аналізу текстури, гранулометрії та дефектів сировини, а також обґрунтування підходів до реалізації системи, здатної працювати в умовах реального виробництва.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для реалізації системи контролю якості повареної солі було здійснено кілька важливих етапів, починаючи зі збору даних. Було зібрано датасет зі зразків фотографій повареної солі, які поділялися на дві категорії: якісна сіль (однорідна структура, відсутність комків) та неякісна сіль (наявність комків, неоднорідна текстура).



Рисунок 1. Приклади зображення якісної та неякісної солі

Дослідження зосереджене на теоретичній оцінці можливостей застосування нейронних мереж і методів комп'ютерного зору для створення системи автоматизованого контролю якості повареної солі. Мета роботи полягала у визначенні, наскільки такі підходи можуть забезпечити необхідний рівень точності для класифікації сировини за критеріями гранулометрії та наявності дефектів, таких як комки або неоднорідність текстури.

Для цього було проведено аналіз сучасних методів обробки зображень і нейронних мереж, орієнтуючись на їх адаптацію до поставленої задачі. Зокрема, бібліотека OpenCV розглядалася як інструмент для попередньої обробки даних. Це включало перетворення зображень у градації сірого, нормалізацію контрасту та порогове бінарне сегментування, які дозволяють виділити релевантні ознаки гранул.

Архітектура нейронної мережі може бути спроектована на базі бібліотеки для машинного навчання TensorFlow з урахуванням специфіки задачі. Згорткові шари забезпечують автоматичне виділення ключових ознак, таких як структура гранул та їхній розподіл. Для зменшення просторових розмірів і підвищення ефективності моделі

можливим є використання пулінгових шарів. Щоб знизити ризик перенавчання, до структури моделі включено шар Dropout, який випадково "вимикає" частину нейронів під час тренувального процесу. Завершальний етап обробки ознак здійснюється у повноз'язних шарах із використанням активації ReLU, а для класифікації на якісну та неякісну сіль застосовується вихідний шар із Softmax-активацією.

Особлива увага приділялася теоретичному обґрунтуванню необхідності аугментації даних. Оскільки на виробництві такі чинники як: освітлення, розташування солі на стрічці транспортера або у мішках (в залежності від принципу подання сировини) або зміщення камери через «людський фактор» не є сталими, то важливим аспектом є аугментація. Зміни яскравості, повороти, віддзеркалення та інші трансформації були запропоновані як засоби забезпечення стійкості моделі до наведених варіативних умов. Це дозволяє покращити адаптивність системи, що важливо для її потенційного використання у виробничих процесах.

### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Проведене дослідження підтверджує доцільність використання згорткових нейронних мереж (CNN) для автоматизованого контролю якості повареної солі. Використання CNN виправдане завдяки здатності автоматично виділяти ознаки, що важко формалізувати за допомогою класичних алгоритмів. Попередня обробка даних, зокрема нормалізація контрасту та порогова сегментація, дозволяє зосередитися на ключових особливостях гранул та зменшити обчислювальну складність.

Застосування аугментації забезпечує стійкість до змін зовнішніх умов, таких як освітлення чи положення зразків. Теоретичний аналіз показує, що модель може ефективно класифікувати сировину, але успішна реалізація потребує якісного набору даних і оптимізації для роботи в реальному часі. Подальші дослідження слід зосередити на розробці прототипу та тестуванні в умовах виробництва.

### **ПОСИЛАННЯ (ПЕРЕКЛАДЕНІ ТА ТРАНСЛІТЕРОВАНІ)**

1. A. V. Suresh, "Feed formulation software," in *Aquafeed Formulation*, S. F. Nates, Ed., Academic Press, 2016, pp. 21–31. DOI: 10.1016/B978-0-12-800873-7.00002-6. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800873-7.00002-6>
2. M. Kiktev and I. Veklinets, "Algorithmic and software support for automated feed accounting subsystem of agricultural object," *Eastern-European Journal of Advanced Technologies*, vol. 3, no. 10, pp. 50–52, 2013.
3. M. Kiktev, "Setting and solving the problem of animal feeding optimization," *Technological Audit and Production Reserves*, vol. 6, no. 2, pp. 8–11, 2013. URL: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.19498>
4. Y. S. Resheff, T. Hope, and I. Lieder, *Learning TensorFlow: A Guide to Building Deep Learning Systems*. O'Reilly Media, 2017. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/learning-tensorflow/9781491978504>

Карина Волошина  
Студент факультету інформаційних технологій  
Спеціальність 122 – «Комп'ютерні науки»  
Освітня програма «Інформаційні управляючі системи та технології»  
keem23-k.voloshyna@gmail.com

## ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ФІНАНСОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Анотація.** Метою роботи є розробка експертної системи, яка забезпечить малим підприємствам ефективні інструменти для аналізу та управління фінансовою діяльністю. Система надає рекомендації з фінансового планування, аналізу ризиків, оптимізації бюджетів та управління грошовими потоками, що дозволяє власникам бізнесу приймати обґрунтовані рішення та покращувати фінансову стійкість підприємств. Для розробки експертної системи фінансової діяльності для малих підприємств було використано технології React.js, Python та MySQL.

**Ключові слова:** фінансовий аналіз, управління ризиками, прогнозування.

### ВСТУП

Сучасний економічний розвиток потребує забезпечення стійкості та ефективності фінансової діяльності малих підприємств, які відіграють ключову роль в економіці. Їх успішність залежить від ефективного управління фінансами.

Експертні системи, що використовують знання та досвід експертів, є перспективним інструментом для оптимізації фінансової діяльності. Вони спрощують планування, аналіз і прийняття стратегічних рішень у малих підприємствах.

Мета дослідження – розробити рекомендації щодо використання експертних систем для підвищення ефективності управління фінансами, зокрема через технології Data Mining і OLAP.

Проект включає аналіз фінансового стану підприємств, урахування нормативних вимог і створення стратегій фінансового управління. Експертна система допоможе малим підприємствам вирішувати фінансові завдання, підвищуючи їхню стійкість.

## 1. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

### 1.1 Використання 1-rule для класифікації експертної системи фінансової діяльності для малих підприємств

Алгоритм 1-Rule (One Rule) — простий метод класифікації, що базується на виборі однієї ознаки для створення правила, яке має найсильніший зв'язок із класами. Це інтуїтивний підхід, який часто використовується як базова лінія для порівняння з більш складними моделями класифікації [1].

У рамках аналізу задачі класифікації алгоритм застосовувався для розподілу об'єктів на два класи:

**"Висока продуктивність"** — об'єкти з найкращими показниками ефективності.

**"Низька продуктивність"** — об'єкти, що не відповідають високим стандартам.

Результати дослідження були представлені у вигляді таблиці, що відображає зв'язок між вибраною ознакою та класами. Алгоритм 1-Rule показав свою ефективність для створення простих і зрозумілих класифікаційних правил [2].

середнє значення		1317.059211	
якщо менше середнього то низький		1317 якщо більше середнього це високий продаж	
1 правило якщо nameProduct = Цифровий фотоапарат = високий продаж ракую цифровий фото. = то пишеш це в знаменник, скільки разів зустрічається низький продаж - чисельник 8/1317			
Холодильник	9/1317	Харків	13/1317
Фітнес-браслет	8/1317	Одеса	13/1317
Фен	8/1317	Київ	12/1317 найвигодніший продаж
Телевізор	8/1317		
Розумний годинник	8/1317		
Праска	8/1317		
Пральна машина	8/1317		
Плита	8/1317		
Планшет	8/1317		
Павербанк	8/1317		
Ноутбук	4/1317		
Мобільний телефон	3/1317		найвигодніший продаж
Мікрохвильова піч	8/1317		
Кава машина	8/1317		
Електронна книга	8/1317		
Духовка	8/1317		
Витяжка	8/1317		
Безпроводні навушні	8/1317		

Рисунок 1. Таблиця розрахунку найвигоднішого товару за попередній рік продажів та найвигодніший регіон для розширення

Аналіз показав, що мобільний телефон став найприбутковішим товаром минулого року, визначивши його як ключовий фактор успіху компанії.

Ці результати дозволяють визначити точки зростання для оптимізації бізнес-стратегії. Цей підхід сприяв оптимізації бізнесу та покращенню продуктивності.

На основі отриманих даних сформовано дві окремі таблиці:

product	cash_register	Назва	Низький продаж	Високий продаж	Імовірність низького продажу	Імовірність високого продажу
		Мобільний тел...	13/14	1/14	10,93%	9,57%
		Планшет	15/15	0/15	10,20%	9,57%
		Ноутбук	19/20	1/20	7,65%	6,96%
		Цифровий фот...	32/36	4/36	4,25%	4,03%
		Електронна кн...	55/61	3/61	2,51%	2,25%
		Розумний годи...	16/16	0/16	9,57%	8,50%
		Фітнес-браслет	11/17	5/17	9,00%	7,65%
		Безпроводні на...	20/22	22/22	6,96%	6,12%
		Павербанк	23/25	2/25	6,12%	5,10%
		Телевізор	28/31	3/31	4,94%	4,50%
		Пральна маши...	10/15	5/15	10,20%	9,00%
		Холодильник	11/17	3/17	9,00%	7,65%
		Фен	20/21	1/21	7,29%	5,89%

Рисунок 2. Таблиця спрогнозованого продажу товарів на основі даних за минулий рік

### Таблиця "Товари".

Таблиця містить інформацію про товари, включаючи: Категорії товарів, Середній обсяг продажів, Статистичні показники (ймовірність низького чи високого рівня продажів)

product	cash_register	Назва	Низький продаж	Високий продаж	Імовірність низького продажу	Імовірність високого продажу
		Київ	28/31	3/31	1,94%	10,7%
		Харків	100/136	36/136	9,24%	20,57%
		Одеса	95/100	5/100	9,74%	3,86%
		Львів	150/175	25/175	2,45%	41,32%

Рисунок 3. Таблиця спрогнозованого продажу товарів в регіонах на основі даних за минулий рік

### **Таблиця "Регіони".**

Таблиця включає: Загальний обсяг продажів, Середній рівень продажів, Співвідношення низьких і високих продажів

Для кожного регіону визначено ймовірності належності до класів **"низький"** чи **"високий"** продаж.

### **ВИСНОВКИ**

Робота присвячена розробці експертної системи для фінансового управління малими підприємствами з метою покращення їх фінансової стабільності та ефективності управлінських рішень. Дослідження включає аналіз ключових факторів, що впливають на фінансове управління, і підкреслює важливість такої системи.

Під час розробки системи було звернуто увагу на діаграму прецедентів, архітектуру та інформаційне забезпечення, а також на використання OLAP-технології для аналізу фінансових даних. Система забезпечує автоматизацію збору та обробки фінансових даних і надає можливості для глибшого аналізу фінансового стану підприємств, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення.

Впровадження системи в реальному бізнес-середовищі підтвердило її ефективність і можливості для подальшої адаптації. Розроблена система сприяє зниженню фінансових ризиків, оптимізації витрат та забезпеченню стабільного розвитку малих підприємств завдяки автоматизації процесів та стратегічному плануванню. Загалом, робота демонструє вражаючий рівень аналізу та реалізації поставлених завдань. Створена експертна система має великий потенціал для впровадження в різних секторах малого бізнесу і може стати важливим інструментом для підвищення їх фінансової успішності.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Аболенцева, З. С. Основи економічного аналізу: навч. посібник. Київ: Знання, 2020. 250 с.
- [2] Левченко, М. П., Лещенко, Г. М. Технології Data Mining для фінансового аналізу малих підприємств. Наукові записки, 2022, Т. 32, № 3, с. 101–109.
- [3] Літвінов, Д. І. Використання Байєсових методів у задачах класифікації медичних даних. Наукові записки НаУКМА, 2022, Т. 24, № 4, с. 25–32.
- [4] Беленчук, Т. М., Шульга, О. І. Використання служб SSAS для створення моделей аналізу даних у бізнес-додатках. Інформаційні технології в економіці, 2021, № 3, с. 72–78.
- [5] Петренко, Л. О. Методи аналізу даних: навч. посібник. Львів: Львівська політехніка, 2021. 240 с.

**Gao Hui**

Master's degree, lecturer

Work place: BengBu University, Faculty of Mathematics and Physics, BengBu, China

gaohui579@163.com

**Dai Bing**

Bachelor's degree, student

Work place: BengBu University, Faculty of Mathematics and Physics, BengBu, China

1871468602@qq.com

## RESEARCH ON SURFACE ROUGHNESS CHARACTERIZATION BASED ON MACHINE LEARNING AND LASER SPECKLE PATTERNS

**Abstract.** The measurement of surface roughness is of great significance in fields such as medical devices, manufacturing, and materials science. With the continuous development of machine vision technology, it has been widely used in various fields. This paper combines laser speckle technology with machine learning to measure surface roughness. The experiment selects standard rough samples with roughness of  $0.05\mu\text{m}$ ,  $0.1\mu\text{m}$ ,  $0.2\mu\text{m}$ ,  $0.4\mu\text{m}$ ,  $0.8\mu\text{m}$ , and  $1.6\mu\text{m}$  as the research objects. Through the experimental setup, 135 speckle images were collected for each sample, a total of 810 images, of which 780 were used as the training set and 30 as the test set. The established BP neural network model, after training, has a relative error of 0.125%-33%, with 28 images having a relative error within 15%, and the average relative error of the data is 6.2%. While the stylus profilometer is used to measure the surface roughness, the indication error is generally within 5%-15%, indicating that the BP neural network has a good fitting effect, but there are still some errors.

**Keywords:** laser speckle ; surface roughness ; machine learning.

### 1. INTRODUCTION

Surface roughness is the micro-geometric shape of a workpiece surface and is one of the parameters describing the micro-roughness of an object. It has always been a hot topic in the measurement field and can affect the working performance and life of machines and parts [1-2]. Contact measurement is usually carried out by the block comparison method or the stylus method. The block comparison method relies on individual subjective perception, which may lead to variations in measurement results due to individual differences; the stylus method generally uses a two-dimensional or three-dimensional stylus profilometer, but it may also cause some damage to the measured workpiece.

Non-contact measurement technology, through means such as sound, light, electricity, or magnetism, can effectively prevent errors caused by contact between the measuring equipment and the surface of the measured object. In non-contact measurement, optical detection methods have become a feasible solution due to their wide application in surface performance measurement. This method includes various technologies, such as electron microscopy, interference, fiber optic, defocusing, scattering, and speckle methods [3]. Speckle interferometry, due to its high precision, low error, high efficiency, and non-destructive nature in measuring surface roughness, has become a research hotspot in this field. In 1963, P. Beckmann [4] studied the scattering theory and application of electromagnetic waves on rough surfaces, proposing the Hoff approximation roughness scattering theory model, which laid a theoretical foundation for optical scattering measurement of surface roughness. In 2017, S.Patzelt [5] and others confirmed that the uncertainty of roughness measurement is inversely proportional to the square root of the illumination light power by studying the distribution of reflected light intensity and scattered light intensity on the object surface, providing theoretical support for optical method measurement calculations. In 2023, Y. Wang [6] proposed a method for measuring the surface roughness of the target using three-dimensional imaging, including the extraction of optical element images, and then calculating roughness evaluation parameters in the three-dimensional morphology.

Artificial intelligence technology has made significant progress in the field of computer vision, and people have begun to study how to apply deep learning technology to the field of scattering medium imaging. After light passes through a scattering medium, it forms randomly dispersed speckle images, which seem to be a random process, but in fact, the scattering medium is a linear time-invariant system. Therefore, there is a one-to-one mapping relationship between incident light and emitted light, which means we can use machine learning and speckle combined methods to study surface roughness measurement.

## 2. THE THEORETICAL BACKGROUNDS

### 2.1 Laser Speckle.

Light is an electromagnetic wave that does not change direction when propagating in an ideal homogeneous medium. In most cases, ideal homogeneous media do not exist, and the refractive index distribution within most media is uneven. This causes the direction of light to change as it propagates within the medium, a phenomenon known as light scattering.

Laser speckle is a special phenomenon of light scattering. When a laser beam is shone on an object with surface roughness or containing foreign particles, the light is scattered by the object surface or micro-particles, forming a series of bright or dark spots that alternate in brightness, as shown in Figure 1.

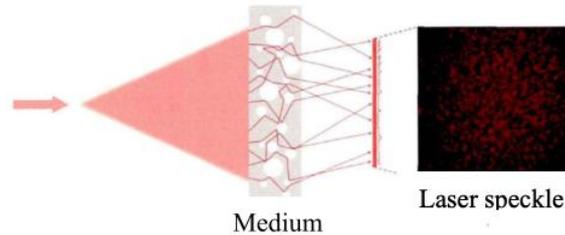


Figure 1. Laser speckle in complex scattering media

### 2.2 Relationship between Speckle Contrast and Roughness.

The effectiveness of the speckle size obtained by the detector is determined by the roughness of the target surface being measured. If the roughness of the measured object surface is too small, it cannot produce speckle.

Root mean square roughness:

$$R = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_i - \bar{h})^2}$$

In the formula,  $h_i$  represents the height of each point on the rough surface, and  $\bar{h}$  represents the average height of the rough surface.

When the laser is perpendicular to the measured object surface, the average speckle contrast is:

$$C = \frac{1}{I} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (I_n - \bar{I})^2}$$

In the formula,  $I_n$  is the intensity of the speckle at the sampling point, and  $\bar{I}$  is the average intensity of the speckle.

In optical speckle measurement, the black and white contrast of the speckle pattern is an important parameter for evaluating the roughness of the measured object surface. The level of contrast is directly related to the smoothness of the object surface: the smoother the surface, the higher the contrast of the speckle pattern; conversely, the rougher the surface, the lower the contrast.

### 2.3 Back Propagation Neural Network.

The Back Propagation neural network (BP neural network for short) is a machine learning technique that can learn complex mappings between inputs and outputs without the need to know the mathematical model of these mappings in advance. This network uses the method of steepest descent as its learning rule, continuously optimizing the network's weights and thresholds through the backpropagation algorithm, with the goal of minimizing the sum of the squares of the network's prediction errors. The distinctive feature of the BP neural network lies in its mechanism of forward signal propagation and backward error propagation. This allows the network to forward information upon receiving input signals and, after calculating the prediction error, to propagate these errors backward to adjust the network parameters, thereby improving the overall predictive performance.

### 3. RESEARCH METHODS

The key to surface roughness measurement based on machine learning and laser speckle lies in establishing an appropriate speckle dataset. By training the neural network with the speckle dataset, a mapping function between the speckle images and the target images can be fitted, thereby achieving the restoration of scattered images. To obtain the speckle dataset required for neural network training, it is necessary to set up a speckle collection optical system.

#### 3.1 Speckle Collection Optical System

The measurement system in this experiment is composed of a He-Ne laser(1), standard roughness samples(2), CMOS camera(3), a computer(4), and mechanical fixtures, as shown in Figure 2. The laser emitted by the He-Ne laser illuminates the surface of the standard roughness sample, scatters on the sample surface, and the resulting laser speckles are collected by the CMOS camera and stored in the computer.

The standard roughness samples are shown in Figure 3, which are divided into six parts with roughness values of  $0.05\mu\text{m}$ ,  $0.1\mu\text{m}$ ,  $0.2\mu\text{m}$ ,  $0.4\mu\text{m}$ ,  $0.8\mu\text{m}$ , and  $1.6\mu\text{m}$ .



Figure2. The measurement system

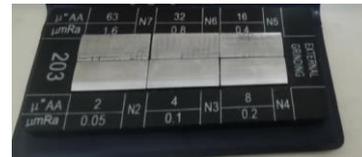
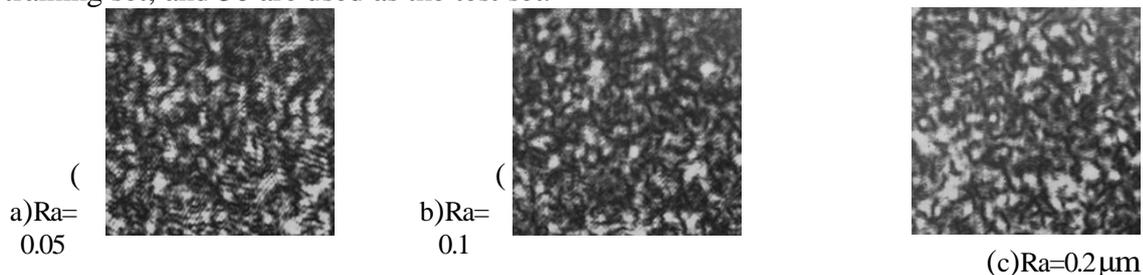


Figure3. The standard roughness samples

#### 3.2 Construction of Speckle Dataset.

The positions of the laser, camera, and sample are fixed to ensure that the camera is in the direction of the reflected light and perpendicular to the light, thereby reducing interference with the speckle contrast. For each of the six parts of the standard sample, 45 speckle images are collected. Subsequently, the images are rotated left and right to obtain 135 images per group, totaling six groups with 810 speckle patterns. Figure 4 shows the speckle patterns of the six standard roughness samples. Of the 810 collected speckle images, 780 are used as the training set, and 30 are used as the test set.



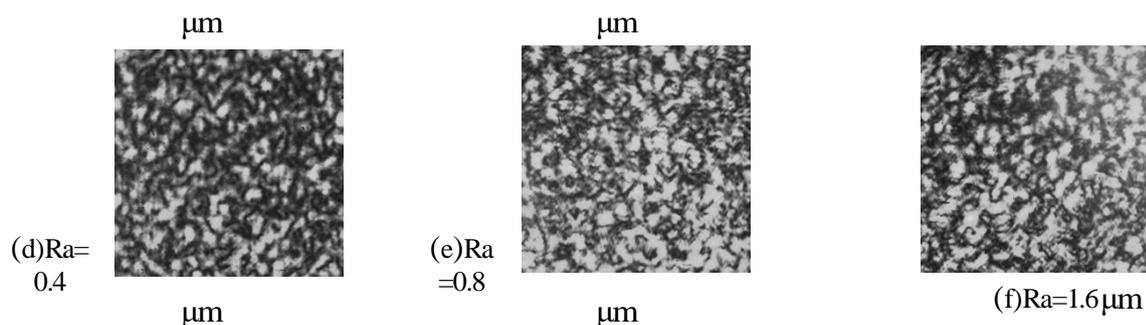


Figure4. Standard Roughness Sample Speckle Patterns

### 3.3BP Neural Network Architecture.

The speckle patterns obtained from the experiment are  $1024*1024$  pixels in size, and the images are cropped to  $512*512$  pixels for input into the neural network. Initially, the images are three-dimensional arrays with three channels of  $512*512$  pixels. Since the BP neural network can only handle one-dimensional arrays, the specific model of the BP neural network involves first flattening the input image. The second step is to input the image into the first hidden layer, where the three-dimensional array with three channels of  $512*512$  pixels is transformed into a one-dimensional array with three channels of  $512*512$  pixels. This hidden layer has 512 neurons. The third step is the ReLU activation. The fourth step involves inputting into the second hidden layer, where the number of neurons decreases from 512 to 256. The fifth step is the ReLU activation again. The sixth step is to input into the third hidden layer, where the number of neurons decreases from 256 to 1, completing one round of output. The seventh step is to ensure the output image's blur value by comparing the predicted results with the actual results through the loss function to obtain a loss value. If the predicted precision requirements are not met, the model is retrained using `loss.backward`. The training continues until the predicted values can closely fit the actual values, and then the final output is produced. The flowchart of the neural network is shown in Figure 5.

In the BP neural network, the activation function is the ReLU function, the optimization algorithm is the Adam algorithm, and the loss function is the mean squared error (MSE). The BP neural network model is developed using the Python programming language and the TensorFlow-based deep learning framework, trained on a computer with a Windows operating system, and training can be stopped when the loss value converges.

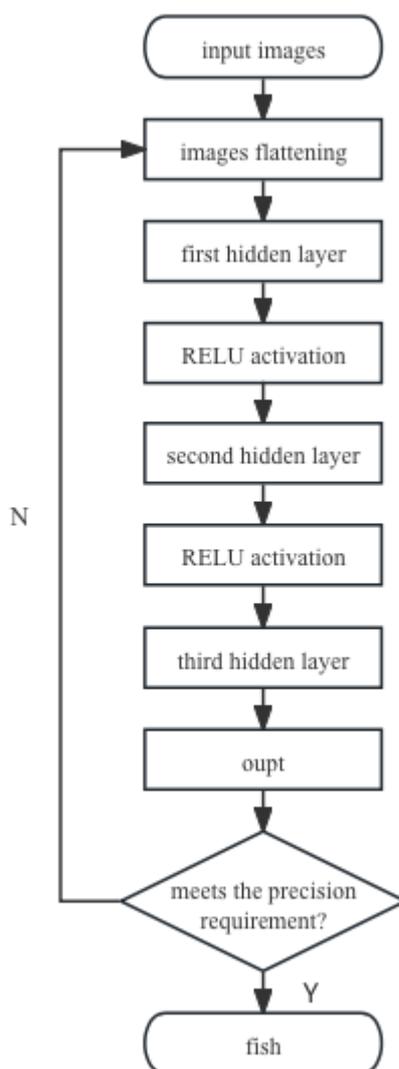


Figure5. BP neural network flowchart

#### 4. THE RESULTS AND DISCUSSION

After training the BP neural network, the prediction results for the test set images are listed in Table 1. From the table, it can be observed that 30 images were sampled as the test set, with the predicted roughness having a relative error ranging from 0.125% to 33%. The average relative error of the data is 6.2%, and 28 images have a relative error within 15%. The stylus profilometer, which is commonly used to measure the surface roughness of objects, typically has an indication error within 15%. This indicates that the BP neural network has a reasonably good fitting effect but still has some errors.

Table 1

#### Test Results

Test Set	Target Value / $\mu\text{m}$	Predicted Value / $\mu\text{m}$	Absolute Error / $\mu\text{m}$	Relative Error /%
1	0.05	0.047	0.003	6
2	0.05	0.052	0.002	4
3	0.05	0.045	0.005	10

4	0.05	0.051	0.001	2
5	0.05	0.049	0.001	2
6	0.1	0.120	0.02	20
7	0.1	0.133	0.033	33
8	0.1	0.114	0.014	14
9	0.1	0.101	0.001	1
10	0.1	0.109	0.009	9
11	0.2	0.211	0.011	5.5
12	0.2	0.209	0.009	4.5
13	0.2	0.196	0.004	2
14	0.2	0.227	0.027	13.5
15	0.2	0.201	0.001	0.5
16	0.4	0.410	0.010	2.5
17	0.4	0.449	0.049	12.25
18	0.4	0.379	0.021	5.25
19	0.4	0.398	0.002	0.5
20	0.4	0.411	0.011	2.75
21	0.8	0.828	0.028	3.5
22	0.8	0.880	0.080	10
23	0.8	0.790	0.010	1.25
24	0.8	0.797	0.003	0.375
25	0.8	0.896	0.096	12
26	1.6	1.602	0.002	0.125
27	1.6	1.554	0.046	2.875
28	1.6	1.655	0.055	3.44
29	1.6	1.597	0.003	0.19
30	1.6	1.630	0.030	1.9

## CONCLUSIONS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCH

This paper conducts research on the characterization of surface roughness based on machine learning and laser speckle, presenting an overall scheme for machine learning-based laser speckle surface roughness measurement and constructing an experimental system. Standard roughness samples with roughness values of 0.05 $\mu\text{m}$ , 0.1 $\mu\text{m}$ , 0.2 $\mu\text{m}$ , 0.4 $\mu\text{m}$ , 0.8 $\mu\text{m}$ , and 1.6 $\mu\text{m}$  were used as the subjects of the study. With the experimental setup established, 135 speckle images were collected for each sample, totaling 810 images, of which 780 were used as the training set and 30 as the test set. After training, the relative error ranged from 0.125% to 33%, with 28 images having a relative error within 15%, and the average relative error of the data was 6.2%. It is stated that the measurement error of surface roughness using a stylus profilometer is generally within 15%. This indicates that the BP neural network has a reasonably good fitting effect but still has some errors.

The results suggest that while the BP neural network model has demonstrated the ability to predict surface roughness with a relatively low average error, there is room for improvement, particularly in reducing the higher end of the error range. The comparison with the stylus profilometer's error margin indicates that the neural network's performance is competitive but not yet superior, highlighting the need for further refinement of the model, possibly through enhanced training techniques, more sophisticated network architectures, or improved data preprocessing.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] T. Salim Evan, I. Hassan Azhar, A. Mohamed Farhan, et al., "A sight of view on electrical impacts, structural properties, and surface roughness of tungsten trioxide thin

- film: effect of substrate temperatures in WO<sub>3</sub> device fabrication," *Physica Scripta*, vol. 98, no. 3, p. 035508, Mar. 2023.
- [2] N. Yang and B. Zhang, "Interchangeability and Technical Measurement," 4th ed. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2015.
- [3] C. Liu, R. Lu, L. Chen, et al., "Research progress on surface roughness measurement based on optical method," *Semicond. Optoelectron.*, no. 04, pp. 495-500, Apr. 2010.
- [4] P. Beckmann and A. Spizzichino, "The scattering of electromagnetic waves from rough surfaces," Pergamon Press, vol. 4, no. 6, p. 247-249, 1964.
- [5] S. Patzelt, D. Stöbener, G. Ströbel, et al. "Uncertainty of scattered light roughness measurements based on speckle correlation methods". in *Optical Measurement Systems for Industrial Inspection X*. SPIE (Munich, Germany) ,2017,p.440-450.
- [6] Y. Wang, X. Wang, and L. Han, "Intelligent measurement method for surface roughness of optical elements based on 3D imaging technology," *Laser J.*, vol. 44, no. 04, pp. 229-234, Apr. 2023.

### **Андрій Якушин**

Аспірант 1 курсу Спеціальності 122-Комп'ютерні науки

Національний університет біоресурсів і природокористування, факультет  
інформаційних технологій, Київ, Україна

ORCID ID - <https://orcid.org/0009-0001-0169-8493>

[andr.yakushyn@nubip.edu.ua](mailto:andr.yakushyn@nubip.edu.ua)

### **Марина Негрей**

Кандидат економічних наук, доцент кафедри економічної кібернетики

Національний університет біоресурсів і природокористування, факультет  
інформаційних технологій, Київ, Україна

ORCID ID - <https://orcid.org/0000-0001-9243-1534>

[marina.nehrey@nubip.edu.ua](mailto:marina.nehrey@nubip.edu.ua)

## **РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У БАГАТОРІВНЕВИХ УПРАВЛІНСЬКИХ СТРУКТУРАХ**

**Анотація.** У статті розглядається роль штучного інтелекту (ШІ) у підвищенні ефективності моделювання процесів прийняття рішень в умовах багаторівневих управлінських структур. Автори аналізують, як інтеграція ШІ в системи управлінської інформації може сприяти поліпшенню оптимізації процесів прийняття рішень. Дослідження акцентує увагу на перевагах використання ШІ для аналізу великих обсягів інформації, що дозволяє швидше реагувати на зміни в середовищі та приймати обґрунтованіші рішення.

**Ключові слова.** штучний інтелект, ефективність, моделювання, процес прийняття рішень, багаторівневі управлінські структури, системи управлінської інформації, дані, управління проектами, технології, інновації.

Усі організації залежать від прийняття конкретних рішень для забезпечення прогресу у своїй діяльності. Ефективність цих рішень визначає продуктивність організації, що є предметом даного дослідження. У зв'язку з цим, великі компанії впроваджують інформаційні системи управління проектами (PMIS - Project Management Information System), які сприяють прийняттю обґрунтованих рішень та оптимізації управління інформацією [1]. Керівники компаній вважають, що ці технології здатні підвищити їх здатність до прийняття рішень, а також забезпечити ефективне планування та моніторинг діяльності організації, що, в свою чергу, сприяє досягненню визначених цілей і завдань. Впроваджені в організацію управлінські інформаційні системи створюють зручне робоче середовище для керівників та менеджерів проектів, дозволяючи їм одночасно виконувати декілька видів діяльності.

Штучний інтелект (ШІ) асоціюється як з перевагами, так і з ризиками, що вказує на те, що технології, пов'язані з ним, можуть впливати на користувачів у різних аспектах та визначати функції впровадження систем управління проектами у всіх сферах. В окремих випадках організації, які впроваджують штучний інтелект, не в змозі реалізувати його переваги через недостатнє розуміння управлінським персоналом можливостей і наслідків використання ШІ для бізнес-процесів.

Згідно з дослідженнями, штучний інтелект в основному спрямований на розширення людських можливостей і підвищення продуктивності діяльності [2]. ШІ має здатність навчатися, міркувати, адаптуватися та виконувати завдання подібно до

людського розуму. Це підтверджується численними технологічними компаніями та стартапами, які вже розробили системи для полегшення використання ШІ у вирішенні соціальних проблем. На організаційному рівні застосування штучного інтелекту впливає на різноманітні технології, включаючи PMIS. Хоча попередні дослідження зазначили, що використання ШІ може призвести до прийняття оптимальних рішень, це дослідження підтверджує, що проектні менеджери можуть отримати вихід від ШІ за умови його належного застосування.

Із аспектів даного дослідження є вплив штучного інтелекту на PMIS, що пропонує менеджерам ідеї щодо використання ШІ для покращення процесів прийняття рішень у рамках управління різними проектами. Обговорення переваг і недоліків ШІ в управлінні надає менеджерам корисну інформацію для прийняття рішень про негативні вигоди від використання ШІ [3]. Гіпотеза цього дослідження полягає в тому, що інтеграція штучного інтелекту в процеси збору та аналізу даних підвищить їх цільність в управлінських інформаційних системах. Це дає підстави стверджувати, що впровадження ШІ в управлінські процеси сприяє більш ефективному прийняттю рішень щодо наявності якісних даних.

Методом управління проектами є успішне завершення створення продукту або послуги. Проте досягнення цієї мети часто перешкоджають недолікам і помилкам з боку керівництва, менеджерів проектів, членів команди та інших цікавих сторінок, які беруть участь у проектах [1], [3]. Сфера управління проектами характеризується численними невизначеностями, які не можуть бути вирішені за допомогою фіксованого набору стандартних процедур. Ефективність управління проектами значною мірою залежить від знань та досвіду залучених фахівців. Ці явища часто проявляються у вигляді ірраціональності, неповноти та неточності, які не можуть бути подолані звичайними інструментами чи методологіями. Управління проектами є складною сферою, в якій неможливо сподіватися на єдиний підхід для вирішення всіх проблем. В умовах численних ризиків і втрат, притаманних управлінським проектам, надзвичайно важливо шукати ефективні рішення.

Дослідження компанії Liquid Planner показало, що основним викликом для менеджерів виробничих проектів у 2017 році було управління витратами — 49,5% респондентів визначили це як свою головну проблему. Терміни утримання (45,8%) та обмін інформацією між командами (43,9%) стали наступними найбільш проблемними сферами [5]. Дослідження PMI вказує на те, що на кожен 1 мільярд доларів, інвестований у США, 122 мільйони доларів були витрачені через неналежне планування та виконання проектів. Дослідження компанії Genesa показало, що до 75% керівників підприємств та IT-компаній очікують невдачі своїх програмних проектів [4].

За останнє десятиліття розвитку та впровадження ШІ в управлінських проектах створили умови для значного прогресу в таких сферах, як оцінка, діагностика, прийняття рішень і прогнозування проектів. Передбачається, що використання ШІ в управлінських проектах полегшує виконання управлінських і адміністративних завдань без необхідності залучення людини. Однією з досягнутих проблем в управлінських проектах є недостатня кількість даних для оцінки того, наскільки проекти забезпечуються відповідно до бажаних результатів і цілей. Штучний інтелект має значний потенціал для зменшення навантаження на менеджерів проектів, що забезпечує рутинні завдання, такі як введення та управління даними, а також підготовка проектних планів. Ці завдання можуть бути автоматизовані, що дозволяє керівникам проектів зосередитися на більш важливих аспектах їхньої ролі.

Штучний інтелект здатен робити прогнози щодо подальшого розвитку проекту, аналізуючи історичні дані управління проектами. ШІ може виявляти взаємозв'язки в даних, які можуть бути непомітними навіть для досвідчених фахівців. Крім того, він

здатен проводити складний аналіз, обробляючи більші обсяги даних, ніж люди. Впровадження ШІ може оптимізувати процеси аналізу вартості та ризиків, зменшуючи навантаження та час. Існує безліч сфер управління проектами, де штучний інтелект може запропонувати ефективні рішення.

Оцінка та управління ризиками є ключовими завданнями в управлінських проектах. Штучний інтелект дозволяє отримувати параметричну інформацію у потрібний момент. Наприклад, історичні дані про заплановані дати початку і завершення можуть бути використані для прогнозування реалістичних графіків для майбутніх проектів. ШІ може оцінити ймовірність виникнення певних подій у поточному проекті та генерувати відповідні попередження.

Управління ресурсами є ще одним аспектом управління проектами. Воно забезпечує виконання проекту відповідно до обсягу та плану, встановлених на етапі планування. Розподіл ресурсів визначення споживання ресурсів та їх розподіл для досягнення цілей проекту. Визначення відповідних ресурсів для виконання деяких завдань є ключовим обов'язком керівника проекту.

Таким чином, штучний інтелект не тільки автоматизує рутинні процеси, але й забезпечує ефективність управління проектами через детальний аналіз даних та оптимізацію прийняття рішень. Отже, розвиток і застосування ШІ в управлінні проектами створили основу для підвищенні ефективності процесів прийняття рішень у багаторівневих управлінських структурах, особливо в сферах оцінки, діагностики, прийняття рішень і прогнозування. Впровадження штучного інтелекту в багаторівневі управлінські структури підвищить ефективність прийняття рішень завдяки аналізу величезних обсягів даних і виявленню прихованих закономірностей. Крім того, штучний інтелект оптимізує управлінські процеси, скорочуючи час, необхідний для збору та обробки інформації, дозволяючи швидше реагувати на зміни у зовнішньому середовищі та покращуючи адаптивність організації. Інтеграція штучного інтелекту в управлінські інформаційні системи не лише уможливорює швидке прийняття рішень, а й підтримує стратегічне планування. Аналітичні інструменти на основі AI допомагають прогнозувати можливі сценарії розвитку подій, що сприяє довгостроковому успіху організації. Подальші дослідження полягають у створенні нових алгоритмів і моделей штучного інтелекту, які підвищать ефективність прийняття рішень у складних і динамічних управлінських середовищах.

## ПОСИЛАННЯ

1. Project Management Institute [Online]. Available: <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/the-essential-role-of-communications.pdf>
2. Lahmann, M. (2018). Ai Will Transform Project Management. ARE You Ready? <https://www.pwc.ch/en/insights/risk/ai-will-transform-project-management-are-you-ready.html>
3. Tarafdar, M., Beath, C., & Ross, J. (2019). Using AI to Enhance Business Operations. <https://www.kungfu.ai/wp-content/uploads/2019/06/Using-AI-to-Enhance-Business-Operations.pdf>.
4. Geneca [Online]. Available: <https://www.prnewswire.com/news-releases/up-to-75-of-business-and-it-executives-anticipate-their-software-projects-will-fail-117977879.html> (accessed: October 24th, 2020)
5. Traylor, R. C., Stinson, R. C., Madsen, J. L., Bell, R. S., & Brown, K. R. (1984). Project management under uncertainty: network paths and completion time. *Project Management Journal*, 15(1), 66–75.

**Олексій Циганов**

Аспірант кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0009-0008-6965-130X  
o.tsyganov@nubip.edu.ua

**Ігор Болбот**

д.т.н, проф., професор кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна  
0000-0002-5708-6007  
igor-bolbot@nubip.edu.ua

## КОНЦЕПЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ LIDAR-ТЕХНОЛОГІЙ У СКЛАДІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ГРУНТІВ

**Анотація.** У роботі представлено концептуальний підхід до використання LiDAR-технологій для ландшафтного моделювання. Основна увага зосереджена на інтеграції сучасних технологій дистанційного зондування в процес створення цифрових моделей місцевості. Виконано 3D-сканування макету гідротехнічних споруд (розміри 60×30×20 см), що імітує реальні конструкції. Для зберігання і передачі моделей використано формат GLTF, що забезпечує компактне збереження даних та інтеграцію з іншими системами. Розглядається потенціал застосування LiDAR у складі інтелектуального роботизованого комплексу для моніторингу територій, які зазнали впливу військових дій. У дослідженні показано, як створені моделі можуть бути використані для оцінки стану земель та планування відновлювальних заходів.

**Ключові слова:** LiDAR; ландшафтне моделювання; цифрова модель місцевості; моніторинг ґрунтів.

### 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Внаслідок військових дій значні території зазнають руйнувань, що спричиняє деградацію ґрунтів, порушення ландшафтів та появу інженерних об'єктів, які потребують відновлення. LiDAR-технології, інтегровані в роботизовані комплекси, є перспективним інструментом для моніторингу таких територій, створення їх цифрових моделей та планування заходів з відновлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Попередні дослідження свідчать, що використання LiDAR для створення цифрових моделей рельєфу дозволяє забезпечити точність зондування та отримати необхідні дані для аналізу складних територій [1]. У сфері точного землеробства наголошується на важливості впровадження роботизованих платформ із мультисенсорними системами для моніторингу стану ґрунтів [2]. Такі платформи підвищують ефективність обробки великих територій і забезпечують швидке прийняття рішень. Дослідження демонструють успішну інтеграцію мультисенсорних платформ із LiDAR і термальними камерами, що дозволяє отримувати багатопланові карти місцевості для аналізу ґрунтів та моніторингу територій [3]. Ці підходи є перспективними для автономного управління та відновлення земель, пошкоджених внаслідок військових дій.

**Мета публікації.** Мета роботи – розробка концептуальної схеми використання LiDAR-технологій у складі роботизованого комплексу для моніторингу ландшафтів, які зазнали впливу військових дій, з можливістю оцінки стану територій і планування їх відновлення.

## 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Предметом дослідження є макет гідротехнічних споруд розміром 60×30×20 см. Виконано 3D-сканування макету з використанням LiDAR-сканера, результати оброблено у програмному забезпеченні Polysam.

Дані збережено у форматі GLTF, що дозволяє ефективно передавати моделі між системами, включаючи GIS та засоби 3D-візуалізації. Використання цього формату забезпечує інтеграцію цифрових моделей у програмні середовища для аналізу, моделювання та візуалізації.[4]

Для сканування макету було підбрано параметри, які масштабно відповідають характеристикам реального зондування за допомогою LiDAR-технологій. Середня відстань між точками у моделі становить еквівалент 20 см у реальних умовах, а похибка вимірювань – до 5 см. Ці параметри забезпечують відповідність даних моделі стандартам, прийнятим для високоточного моніторингу та аналізу пошкоджених територій у польових умовах.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати демонструють високу ефективність LiDAR-технологій у створенні детальних цифрових моделей територій. Створені цифрові моделі забезпечують точне відтворення геометрії місцевості, що є критично важливим для планування відновлювальних заходів на територіях, уражених військовими діями. На рисунку 1 наведено приклад полігональної сітки моделі, що демонструє деталізацію отриманих даних.

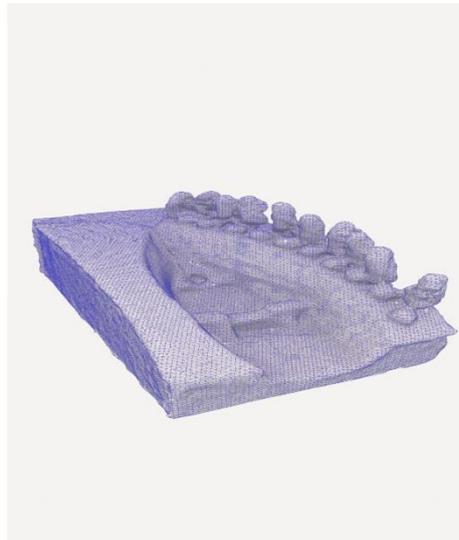


Рисунок 1. Полігональна сітка моделі макету гідротехнічної споруди

Інтеграція LiDAR-технологій у роботизовані комплекси, відкриває можливість безперервного спостереження за територіями, що перебувають у критичному стані, із подальшим аналізом отриманих даних. Використання формату GLTF у цьому контексті є особливо актуальним, оскільки він забезпечує високу сумісність з різними аналітичними програмами. Така інтеграція дозволяє автоматизувати процеси обробки та інтерпретації даних, що значно підвищує загальну ефективність роботи роботизованих систем.

Особлива практична цінність запропонованого підходу полягає у забезпеченні можливості точного виявлення зон із найбільшими пошкодженнями, що критично

важливо для визначення пріоритетів у відновлювальних роботах. Крім того, створені цифрові моделі можуть бути використані для формування баз даних, які забезпечують довготривалий моніторинг територій. Оперативна оцінка ефективності проведених заходів також стає можливою завдяки систематичному аналізу змін у структурі ландшафтів.

### **ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Запропонована концептуальна схема використання LiDAR-технологій у складі інтелектуального роботизованого комплексу підтверджує свою ефективність у задачах моніторингу ґрунтів, пошкоджених внаслідок військових дій. Це забезпечує не лише детальну оцінку стану територій, але й створює основу для точного моделювання, що необхідне для розробки відновлювальних заходів.

Перспективи подальших досліджень охоплюють розвиток алгоритмів інтеграції моделей у системи автоматичного прийняття рішень. Особливої уваги заслуговує розробка методик для аналізу динаміки змін пошкоджених територій. Також важливим напрямом є вдосконалення роботизованих платформ для масштабного моніторингу та використання додаткових сенсорів, які дозволять проводити комплексний аналіз територій у реальному часі.

### **ПОДЯКИ**

Автор висловлює щирі подяки доценту Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства, кандидату сільськогосподарських наук Совакову Олександрові Вікторовичу за наданий макет гідротехнічної споруди, який був використаний у дослідженні.

### **ПОСИЛАННЯ**

- [1] Mohamed M. R. Mostafa, Stefanie Van-Wierst, Vi Huynh, "Geometric Accuracy Assessment of Unmanned Digital Cameras and LiDAR Payloads," *Microdrones*, 2018.
- [2] Botta, A.; Cavallone, P.; Baglieri, L.; Colucci, G.; Tagliavini, L.; Quaglia, G., "A Review of Robots, Perception, and Tasks in Precision Agriculture," *Applied Mechanics*, vol. 3, pp. 830–854, 2022. DOI: 10.3390/applmech3030049.
- [3] Milella, A., Reina, G., Nielsen, M., "A Multi-Sensor Robotic Platform for Ground Mapping and Estimation Beyond the Visible Spectrum," *Precision Agriculture*, vol. 20, pp. 423–444, 2019. DOI: 10.1007/s11119-018-9605-2.
- [4] F. F. F. Asal, "Comparative analysis of the digital terrain models extracted from airborne lidar point clouds using different filtering approaches in residential landscapes", *Advances Remote Sens.*, т. 08, № 02, с. 51–75, 2019.